Fisheries and Oceans Canada | Pêches et Océans Canada
Science | Sciences

CSAS | **SCCS**

Canadian Science Advisory Secretariat | **Secrétariat canadien de consultation scientifique**

Research Document 2012/099 | **Document de recherche 2012/099**

Gulf Region | **Région du Golfe**

Assessment of the southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Division 4T) American plaice (*Hippoglossoides platessoides*)

Évaluation de la plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) du sud du golfe du Saint-Laurent (division OPANO 4T)

R. Morin and S.G. LeBlanc

Fisheries and Oceans Canada / Pêches et Océans Canada
Gulf Fisheries Centre / Centre des pêches du Golfe
P.O. Box 5030 / C.P. 5030
Moncton, N.B.
E1C 9B6

This series documents the scientific basis for the evaluation of aquatic resources and ecosystems in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

This document is available on the Internet at: Ce document est disponible sur l'Internet à:
www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs

ISSN 1499-3848 (Printed / Imprimé)
ISSN 1919-5044 (Online / En ligne)
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2012
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2012
Canada

Correct citation for this publication:

Morin, R., and LeBlanc, S.G. 2012. Assessment of the southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Division 4T) American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/099. iv + 35 p.

La présente publication doit être citée comme suit :

Morin, R., et LeBlanc, S.G. 2012. Évaluation de la plie canadienne (*Hippogolossoides platessoides*) du sud du golfe du Saint-Laurent (division OPANO 4T). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/099. iv + 35 p.

ABSTRACT

Landings of NAFO 4T American plaice declined to 126 tonnes in 2009, their lowest level on record for this stock. The annual quota on 4T plaice has been 500 tonnes since 2008. Low quota and poor market demand have contributed to the drop in fishing effort, although there is also evidence that stock abundance is at a low level. Research trawl surveys, conducted yearly in 4T since 1971, indicate that the plaice stock was most abundant in the late 1970s, but declined in the 1980s and is currently at its lowest level. A population model for 4T plaice was reviewed in December 2010 in preparation for an assessment of the recovery potential of American plaice under the Species at Risk Act. This model is based on survey data and commercial catch-at-age (1976-2009) that incorporates estimates of discarding in the mobile gear fishery. Natural mortality was estimated in 5-year periods ending in 2006-2009 and in two age groups over the first 10 years, from 1976 to 1985. The decline in the stock in the late 1970s is mainly accounted for by high natural mortality (0.859) on age 4-9 plaice during the 1976-1985 period, possibly due to unaccounted discarding in the fishery. Natural mortality in the 2006-2009 period was estimated at 0.45 for plaice aged 4-20 years of age. Trends in the abundance of age-4 plaice, estimated from the population model, indicate that recruiting year classes have been persistently weak since the early 1970s. The spawning stock biomass of plaice in 2010 was projected by the model to decline by 0.5% without a commercial fishery.

RÉSUMÉ

Les débarquements de la plie canadienne de la division 4T de l'OPANO ont décliné à 126 tonnes en 2009, leur plus bas niveau enregistré pour ce stock. Le contingent annuel de la plie canadienne de 4T est à 500 tonnes depuis 2008. La diminution dans l'effort de pêche s'explique en partie par le faible niveau du contingent et par les conditions du marché, de même que par un déclin dans l'abondance du stock. Des relevés scientifiques au chalut, menés annuellement depuis 1971 dans la division 4T, indiquent que le stock de plie canadienne était au plus haut niveau d'abondance à la fin des années 1970, a décliné au cours des années 1980 et est actuellement à son plus bas niveau. En décembre 2010, on a effectué la revue d'un modèle de population de la plie canadienne de 4T en vue d'une évaluation du potentiel de redressement de la plie canadienne dans le cadre de la Loi sur les espèces en péril. Le modèle est fondé sur les données du relevé scientifique et de la prise commerciale à l'âge de 1976 à 2009, incluant des estimations des rejets dans la pêcherie aux engins mobiles. La mortalité naturelle a été estimée en périodes de 5 ans, terminant dans la période 2006 à 2009, et en deux groupes d'âges au cours des premiers dix ans, de 1976 à 1985. Le déclin du stock à la fin des années 1970 s'explique par une mortalité naturelle élevée (0,859) sur les plies âgées de 4 à 9 ans, due probablement aux rejets non-comptabilisés dans la pêcherie. La mortalité naturelle durant la période de 2006 à 2009 était estimée à 0,45 pour la plie canadienne âgée de 4 à 20 ans. Les tendances dans l'abondance estimée des plies âgés de 4 ans, selon le modèle de population, font état d'un faible recrutement des classes d'âge depuis le début des années 1970. La biomasse reproductrice de la plie en 2010 est projetée par le modèle de diminuer de 0,5% sans une pêche commerciale.

INTRODUCTION

American plaice was once an abundant resource and a valuable fishery in the southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Division 4T). The stock was last assessed in February 2008 (Morin et al. 2008). A population model was used to estimate the spawning stock biomass, natural mortality and fishing mortality. The 4T plaice stock was viewed to be declining in biomass and subject to high natural mortality. Under conditions of low productivity, low abundance and poor recruitment, the prospects of improvement for this stock are poor in the short term.

In 2009, the Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada (COSEWIC) assessed the Designatable Unit called the Canadian Maritime Population of American plaice as "threatened". DFO Science is engaged to provide information and advice required by the Species at Risk Act (SARA) in support of consultations and a listing decision and the development of a recovery strategy. As part of this process, an assessment of 4T American plaice was undertaken to update the population model that was developed for the most recent assessment dating to February 2008 (Morin et al. 2008). This assessment was presented at a Regional Advisory Process (RAP) meeting in December 2010. The 2008 assessment model covered the period 1993-2007. In this assessment, we extend the model to the 1976-2009 period, incorporating recent estimates of commercial discards into the commercial catch-at-age (Morin 2012).

FISHERY

American plaice landings in NAFO Division 4T ranged between 6,000 and 12,000 tonnes from 1965 to the 1980s (Table 1, Figure 1). Reported landings do not account for at-sea discarding that was prevalent in the mobile gear plaice fishery up to 1993 (Morin 2012). The 4T Atlantic cod fishery was closed from late 1993 to 1998, provoking a decline in

INTRODUCTION

La plie canadienne du sud du Golfe du Saint-Laurent (division 4T de l'OPANO) était autrefois abondante et la source d'une importante pêcherie. Lors de la dernière évaluation de ce stock, en février 2008 (Morin et al 2008), un modèle de population a été appliqué afin d'estimer la biomasse du stock reproducteur, ainsi que la mortalité naturelle et la mortalité due à la pêche. L'analyse a fait état d'un stock dont la biomasse est en déclin et qui subit une mortalité naturelle élevée. Compte tenu de son niveau faible de productivité et du niveau d'abondance et de recrutement, on ne peut s'attendre à une amélioration dans l'état de ce stock à courte terme.

En 2009, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a attribué à l'unité désignable de la population Maritimes de la plie canadienne le statut de « menacé ». Le secteur des sciences du MPO s'engage actuellement à fournir l'information et les avis requis sous la Loi sur les espèces en péril (LEP) dans le processus d'inscription des espèces de la LEP et dans l'élaboration d'un programme de rétablissement. La présente évaluation de la plie canadienne de 4T fait partie du processus en mettant à jour le modèle de population qui a été formulée en février 2008 (Morin et al. 2008). Le modèle de population élaboré en 2008 couvrait la période 1993 à 2007. Nous entreprenons à étendre le modèle de 1976 à 2009 en incluant des estimations récentes de la prise à l'âge due aux rejets en mer (Morin 2012).

PÊCHERIE

Les débarquements de la plie canadienne dans la division 4T de l'OPANO ont fluctué d'environ 6 000 à 12 000 tonnes de 1965 jusqu'aux années 1980 (tableau 1, figure 1). Ces débarquements rapportés dans les registres ne tiennent pas compte des rejets en mer, une pratique courante dans la pêche par engins mobiles jusqu'à 1993 (Morin

fishing effort on other groundfish stocks, including American plaice. Several management measures introduced in 1993, including quota reduction and increased mesh size for mobile gears, also contributed to the abrupt decline in plaice landings in 1993 and a reduction in discarding practices in the commercial fishery.

Since 1993, there has been an additional five-fold or more decline in landings in the 4T plaice fishery (Figure 1). In 2009, the lowest landed annual catch (126 tonnes) in the time series of landings was registered. Preliminary data from the 2010 fishery indicate that landings will be at a level similar to those of 2009. Landings of 4T plaice have been 400 tonnes or less in six of the last seven years. In 2008, following the last assessment of 4T plaice (Morin et al. 2008), the quota was reduced from 750 tonnes to 500 tonnes.

Fishing effort on plaice has also declined to its lowest levels on record in 4T (Fig. 2). In 2009, plaice-directed effort was only 13 days of fishing by seiners and 49 days by trawlers. In 2008, 12 seiners and two trawlers were identified as directing their fishing effort on 4T plaice in contrast to 2009 when seven seiners and five trawlers directed for 4T plaice.

The commercial catch-at-age used in this assessment includes estimates of discarded plaice (Table 2; Morin 2012).

RESEARCH DATA

The indices of American plaice population abundance and of the size and age structure are from the annual bottom trawl survey of 4T, conducted every September since 1971. The survey area is divided into 24 depth-related strata (numbered 415-439 in Fig. 3)

2012). La pêcherie de la morue franche de 4T était fermée vers la fin de 1993 jusqu'à 1998, ce qui a provoqué un déclin général dans l'effort de pêche aux poissons de fond, incluant la plie canadienne. Plusieurs mesures de gestion ont été appliquées en 1993 incluant une réduction du contingent et une augmentation du maillage des engins mobiles. Ces mesures ont contribué au déclin abrupt des débarquements de la plie canadienne en 1993, ainsi qu'une diminution dans les rejets en mer dans la pêche commerciale.

Les débarquements de la plie canadienne de 4T ont diminué d'un facteur d'au moins cinq fois depuis 1993 (figure 1). Le plus bas niveau de prise annuelle jamais enregistré depuis le début de la série de données s'est présenté en 2009 (126 tonnes). Les données préliminaires de la pêche de 2010 indiquent un niveau semblable à 2009. Les débarquements de la plie canadienne de 4T sont à 400 tonnes ou moins parmi six des dernières sept années. Suite à la dernière évaluation de la plie canadienne de 4T en 2008 (Morin et al 2008), le contingent a été diminué de 750 tonnes à 500 tonnes.

L'effort de pêche sur la plie canadienne a aussi diminué au plus bas niveau enregistré pour la division 4T (figure 2). En 2009, les senneurs ciblant la plie canadienne ont pêché pendant seulement 13 jours et les chalutiers l'ont ciblé pendant 49 jours. En 2008, douze senneurs et deux chalutiers dirigeaient leur effort de pêche à la plie de 4T et, en 2009, sept senneurs et cinq chalutiers dirigeaient à la plie canadienne.

La capture à l'âge commerciale utilisée dans cette évaluation inclut des estimations de rejets de la plie canadienne (tableau 2; Morin 2012).

DONNÉES DE RECHERCHE

Un relevé annuel de 4T au chalut de fond est effectué chaque septembre depuis 1971 afin d'établir des indices d'abondance et de la structure par taille et par âge de la population de plie canadienne. La zone d'étude est divisée en 24 strates selon la profondeur

within which trawling locations are chosen randomly. Three inshore strata (401-403) were added to the survey in 1984; however, these represent marginal habitat for American plaice and are excluded from the abundance indices for 4T plaice. A full description of the survey methodology provided by Hurlbut and Clay (1990) and details of the plaice index, including adjustments due to vessel and gear changes, are provided in Morin et al. (2008). For this assessment, all survey catches have been standardized to *CCGS Alfred Needler* and Western IIa trawl equivalents.

(strates 415 à 439 à la figure 3). Les lieux de pêche sont choisis au hasard à l'intérieur de chaque strate. Trois strates côtières (401 à 403) ont été ajoutées en 1984. Marginales à l'habitat de la plie canadienne, ces strates ont été exclues des indices d'abondance de la plie de 4T. Une description plus complète du relevé est présentée par Hurlbut et Clay (1990) et une description de l'indice de la plie canadienne, avec les ajustements dus aux changements de bateau et de l'engin de pêche, se trouve dans Morin et al (2008). Pour la présente évaluation, les taux de capture du relevé ont été rajustés de manière à correspondre à l'abondance obtenue par un trait standard du *NGCC Alfred Needler* avec le chalut Western IIa.

The survey abundance index is presented in Figure 4 as the stratified mean number per tow. The stock was at a low level of abundance in 1971, but increased rapidly through the mid-1970's to attain a maximum of over 1,100 plaice per tow in 1977. The stock declined in abundance after 1977 and, by 1984, the index of plaice abundance was well below the long-term average of 304 plaice per tow (mean of values obtained 1971-2009). The survey index increased to values above the long-term average in 1990 and 1991 due to a moderate improvement in recruitment of year classes produced during the mid-1980's, but then resumed its decline. The survey index reached its lowest point during the 2002 and 2004 surveys at 104 and 105 plaice per tow, respectively. The 2009 survey index, at 110 plaice per tow, was the next lowest level recorded in the time series.

L'indice d'abondance du relevé, soit le nombre moyen par trait, est présenté à la figure 4. Le stock était à un niveau bas en 1971 mais a augmenté rapidement au milieu des années 1970 jusqu'à plus de 1 000 plies par trait en 1977. L'abondance du stock a décliné après 1977 de façon qu'en 1984 l'indice d'abondance de la plie était bien inférieur à la moyenne à long terme de 304 plies par trait (moyenne de 1971 à 2009). L'indice a brièvement dépassé la moyenne à long terme en 1990 et 1991 à cause d'une faible amélioration au recrutement dû aux classes d'âge produites pendant le milieu des années 1980, mais a poursuivi son déclin après. L'indice du relevé a atteint son plus bas niveau en 2002 et 2004 à 104 et 105 plies par trait, respectivement. L'indice du relevé de 2009, à 110 plies par trait, était le deuxième plus bas niveau jamais enregistré.

Although the survey catch-at-age is estimated on the basis of sexed length frequencies, it is presented in Table 3 with sexes combined as the stratified mean catch per tow. Modal age in the survey catches has ranged between 3 and 8 years of age, but most frequently occurs between ages of 5 and 7 years. The coefficients of variation (cv) on the mean catch-at-age of plaice tend to be low in this survey. For the most abundant ages (4-11 years of age), cv's have been generally below 20% on mean catches over the 1970s and 1980s, declining to cv's less

La prise à l'âge du relevé est présentée au tableau 3 en nombre moyen stratifié pour les sexes combinés, malgré qu'elle soit calculée à partir des longueurs-fréquence de chaque sexe. L'âge modal des prises du relevé varie de 3 à 8 ans, mais se trouve le plus souvent de 5 à 7 ans. Les coefficients de variation (CV) des prises moyennes selon l'âge de la plie canadienne sont généralement faibles pour ce relevé. Aux âges les plus abondants, soit 4 à 11 ans, les CV étaient souvent inférieurs à 20% pour les prises moyennes des années 1970 et 1980, diminuant à moins

than 10% more recently. This survey also tracks year-class strength well, with some age classes correlating significantly with abundance several years later (Fig. 5, Morin et al. 2008).

TOTAL MORTALITY

Total mortality (Z) was estimated from the survey catch-at-age data by the method described by Sinclair (2001) as a modified catch curve analysis. The method calculates Z as the slope of log-transformed catch-at-age within relatively short time periods, accounting for variation in year-class abundance. The analytical model was the following:

de 10% au cours des récentes années. Ce relevé suit bien les classes d'âge. L'abondance de quelques classes d'âge est fortement corrélée avec plusieurs années de décalage (figure 5, Morin et al 2008).

MORTALITÉ TOTALE

La mortalité totale (Z) a été estimée à partir des prises à l'âge obtenues par le relevé annuel par l'analyse modifiée de la courbe des prises décrite par Sinclair (2001). Cette méthode estime Z par la pente des prises à l'âge transformées au logarithme dans des périodes relativement courtes en tenant compte de l'abondance des cohortes. Le modèle analytique est le suivant :

$$ln\, A_{ij} = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 J + \varepsilon$$

where A_{ij} is the survey index of age i and year-class j; I is a continuous variable indicating the age; J is a matrix of 0 and 1 indicating year-class. The parameter $\beta 1$ is the slope of the catch curve representing Z, standardized for year-class abundance. Z is calculated in 5-year time periods (beginning with 1971-1975; ending with 2005-2009) using fully recruited plaice, aged 8 to 20 years of age.

From 1971 to 2009, the 32 estimates of Z in 5-year periods averaged 0.51 (horizontal line in Fig. 6). Z was at its lowest level in the early 1970s as the plaice stock was increasing to its highest level (Fig. 4). Z cycled through periods of highs and lows before leveling off in the current decade. By the mid-1970s, it reached the level of the long-term average and then declined to its next lowest level in the 1982-1986 period. The highest level of Z was reached in the 1991-1995 time period. In the most recent time period estimated, 2005-2009, Z was estimated at 0.54.

où A_{ij} est l'indice du relevé de l'âge i et de la cohorte j, I est une variable continue indiquant l'âge et J est une matrice de 0 et 1 indiquant la cohorte. Le paramètre $\beta 1$ est la pente de la courbe des prises, normalisée d'après l'abondance de la cohorte. Nous avons estimé Z aux âges pleinement recrutés, soit de 8 à 20 ans, et en périodes de cinq ans, débutant de 1971 à 1975 et finissant avec la période 2005 à 2009.

De 1971 à 2009, les 32 estimations de Z, chacune d'une période de cinq ans, ont fait en moyenne une valeur de 0,51 (ligne horizontale de la figure 6). Z était à son plus bas niveau au début des années 1970 lorsque le stock de plie augmentait vers son plus haut niveau (figure 4). Z suivait une tendance cyclique, atteignant des hauts et des bas, mais avec un plafonnement au cours de la dernière décennie. Z a atteint le niveau de sa moyenne à long terme vers le milieu des années 1970 avant de décliner à son plus bas niveau au cours de la période de 1982 à 1986. Z était à son maximum dans la période 1991 à 1995. Récemment, de 2005 à 2009, Z est estimée à 0,54.

RELATIVE FISHING MORTALITY

Relative fishing mortality (F) is the ratio of commercial catch to research survey catch (Sinclair 1998). The method assumes that the commercial catch-at-age has been reliably estimated and that the research survey index is proportional to the population age composition. Relative F was calculated for the same range of ages for which Z was calculated (ages 8 to 20), with and without estimates of discarded plaice.

From 1976 to 1993, the addition of estimated discards to the commercial catch-at-age had a clear effect on Relative F (Fig. 7-A). Morin (2012) recalculated the commercial catch-at-age from 1976 to 1983 to include plaice that may have been misreported as "unspecified flounder", and also including estimates of discards that would be expected from mobile gear. These additions to the catch-at-age had a minimal effect on Relative F (Fig. 7-A). Since this is an index of fishing mortality, with the survey index unadjusted for the catchability of the survey gear, the values observed should not be misinterpreted as absolute measures of mortality. It is apparent from Fig. 7-A, however, that current fishing mortality has declined to an extremely low level relative to levels in the 1970s and 1980s.

Sinclair (2001) used the relationship between Z and Relative F to estimate natural mortality in 4T Atlantic cod, assuming that Relative F is a measure of fishing intensity. For 4T plaice, we were unable to obtain significant regressions of Z on Relative F. The estimates of Z by the modified catch curve analysis show that since 1976 there has been only a relatively brief association between fishing mortality and total mortality. It is important to recall that Z was estimated in 5-year periods by this method (Fig. 7-B references Z to middle year of each period). Z peaked in 1993 (the 1991-1995 period) and Relative F peaked in 1992. Since 1993, Z has remained at a high level, despite a strong decline in fishing mortality. Fig. 7-B

MORTALITÉ RELATIVE PAR PÊCHE

La mortalité relative par pêche (F) est le rapport des prises commerciales aux prises de relevés de recherche (Sinclair 1998). La méthode suppose que l'estimation de la prise à l'âge commerciale soit fiable et que l'indice d'abondance du relevé scientifique soit proportionnel à la structure d'âge de la population. Nous avons calculé F relative à partir de la même brochette d'âges utilisée au calcul de Z, soit 8 à 20 ans, avec et sans les rejets estimés de plie.

En ajoutant des estimations de rejets à la prise à l'âge de 1976 à 1993, on remarque un effet sur F relative (figure 7-A). Morin (2010) a calculé la prise commerciale selon l'âge de 1976 à 1983 en incluant la plie canadienne rapportée comme « plie non-identifiée » ainsi que les estimations de rejets provenant des engins mobiles. Ces ajouts ont eu un effet minime sur F relative (figure 7-A). Puisqu'il s'agit d'un indice à la mortalité de pêche, non-corrigé pour l'efficacité de l'engin de pêche du relevé, les valeurs observées ne doivent pas être considérées comme des mesures absolues de mortalité. Toutefois, on voit par la figure 7-A que la mortalité de pêche récente a chuté à un niveau extrêmement bas depuis les niveaux observés dans les années 1970 et 1980.

Sinclair (2001) s'est servi de la relation entre Z et F relative afin d'estimer la mortalité naturelle de la morue Atlantique de 4T en considérant que F relative est une mesure de l'effort de pêche. Dans le cas de la plie de 4T, nous n'avons pas trouvé une régression significative de Z sur F relative. À partir de 1976, Z estimée par l'analyse modifiée de la courbe des prises suit la même tendance que la mortalité de pêche pendant quelques années seulement. Il est important de se rappeler que Z est estimée par cette méthode en périodes de cinq ans (à la figure 7-B, Z est indiquée par rapport à l'année centrale de chaque période). Z a atteint un sommet en 1993 (la période 1991 à 1995), en dépit d'un fort déclin de la mortalité de

also illustrates similar trends in Z and F during a period of rising mortality during the 1980s. However, the 1970s and early 1980s suggest a period of relatively high Z, but low fishing mortality relative to the maximum. This pattern underlines the failure of Relative F to account for the drastic decline in the 4T plaice population that occurred in the late 1970s.

pêche. La figure 7-B indique que Z et F suivaient la même tendance lorsque la mortalité augmentait pendant les années 1980. Les années 1970 et le début des années 1980 représentent une période de Z élevée, mais d'une moralité de pêche plutôt faible par rapport au maximum. Cette tendance démontre que le déclin de la population de plie canadienne de 4T à la fin des années 1970 ne peut pas être expliqué par le niveau de F relative.

ADAPT

The adaptive framework (ADAPT, Gavaris 1988) was used as a basis for a Sequential Population Analysis (SPA) for 4T plaice. The last assessment of this stock (Morin et al. 2008) concluded that estimates of discards were necessary to extend the analysis to include fishery data from the 1970s and 1980s. In the last assessment, population modelling was restricted to the 1993 to 2007 period, when it was assumed that discarding was minimal in the 4T plaice fishery. In the present assessment, we extend the analysis back to 1976, including estimated discards at age in the commercial catch-at-age (Morin 2012).

In the last assessment of 4T plaice, Morin et al. (2008) attempted several formulations of ADAPT before concluding that it was necessary to estimate natural mortality (*M*). Chouinard et al. (2005) showed that trends in *M* can be estimated as part of the calibration of the SPA. Their approach involved a series of formulations of the SPA wherein *M* was estimated in varying time periods. We adopted a similar approach in exploring several formulations of ADAPT that may be summarized in four general stages (A to D).

- Assume fixed values of *M* (0.2 to 0.6)
- Estimate *M* for 1976 to 2009
- Estimate *M* in time blocks of 4 to 7 years
- Estimate *M* in periods of time and age groups.

ADAPT

Le cadre adaptatif (ADAPT, Gavaris 1988) a servi à formuler une analyse séquentielle de population (ASP) de la plie de 4T. À la dernière évaluation du stock (Morin et al 2008), on a conclu que l'estimation des rejets était nécessaire afin d'étendre l'analyse à la période de pêche aux années 1970 et 1980. Lors de la dernière évaluation, la modélisation de la population était limitée à la période allant de 1993 à 2007. On a jugé que les rejets de la plie de 4T étaient d'un niveau faible pendant cette période. Pour la présente évaluation, l'analyse s'étend jusqu'à 1976 en incluant le nombre à l'âge des rejets dans la pêche commerciale (Morin 2012)

À la dernière évaluation, Morin et al (2008) ont tenté plusieurs formulations du modèle ADAPT avant de conclure qu'il était nécessaire d'estimer la mortalité naturelle (*M*). Chouinard et al (2005) démontraient qu'on peut déceler les tendances de *M* à partir de l'étalonnage de l'ASP. Leur approche consiste d'une série de formulations de l'ASP où *M* est estimée en périodes de durées variables. Nous poursuivons une approche semblable où ADAPT a été formulé en quatre étapes (A à D).

- Accorder à *M* des valeurs fixes (0,2 à 0,6)
- Estimer *M* de 1976 à 2009
- Estimer *M* en période de durées de 4 à 7 ans
- Estimer *M* selon des périodes de temps et de groupes d'âge.

The SPA was based on the general population equation

$$N_{a,\,t} = N_{a+1,\,t+1}e^{M_{a,t}} + C_{a,\,t}e^{M_{a,\,t}/2}$$

where $N_{a+1,\,t+1}$ is the number of survivors at age *a+1* in year *t+1*, $C_{a,\,t}$ is the catch in numbers at age *a* in year *t* and *M* is the instantaneous rate of natural mortality. The catch includes landed and discarded plaice, assumed to be estimated without error. It is necessary to specify starting parameter estimates to begin the SPA. Parameter estimates are then obtained by calibrating the SPA using population abundance indices. For this assessment, we used the survey stratified mean catch of 4T plaice (Table 3) multiplied by 1729 to obtain the trawlable population with the survey trawl in thousands of plaice (Hurlbut and Clay 1990). The ADAPT software allows for the estimation of *M* and the number of survivors at age in the terminal year, along with the catchability (q) at each age of the abundance index. The parameters are estimated using nonlinear least squares, minimizing the following objective function:

L'ASP se base sur l'équation générale de population

où $N_{a+1,\,t+1}$ signifie le nombre de survivant à l'âge *a+1* dans l'année *t+1*, $C_{a,t}$ est la prise en nombre à l'âge *a* dans l'année *t* et *M* est le taux instantané de mortalité naturelle. La prise inclut la plie débarquée et rejetée, dont on assume une estimation sans erreur. Il est nécessaire de spécifier une valeur de départ pour les paramètres estimés au départ de l'ASP. L'estimation des paramètres a été obtenue par l'étalonnage de l'ASP avec les indices d'abondance de la population. Nous avons utilisé la prise moyenne stratifiée de la plie de 4T (tableau 3) multipliée par 1729 afin d'obtenir la population chalutable du relevé en milliers de plie canadiennes (Hurlbut et Clay 1990). Le logiciel ADAPT permet l'estimation de *M* et le nombre de survivants selon l'âge dans l'année terminale, ainsi que l'efficacité (ou capturabilité) de l'engin du relevé (q) selon l'âge. Les paramètres sont estimés par la méthode des moindres carrés non-linéaires, en minimisant la fonction objective suivante :

$$\sum_{a,t}[\ln(I_{a,t}) - \ln(q_a N_{a,t})]^2$$

where $I_{a,t}$ is the survey population abundance index at age *a* in year *t*, q_a is the catchability coefficient at age *a* and $N_{a,t}$ is the number of survivors at age *a* in year *t*.

où $I_{a,t}$ est l'indice de l'abondance de la population à l'âge *a* dans l'année *t*, q_a est l'efficacité à l'âge *a* et $N_{a,t}$ est le nombre de survivants à l'âge *a* à l'année *t*.

The first series (A above) of ADAPT formulations consisted in fixing *M*, first at 0.2 then in subsequent runs with *M* increasing in increments of 0.1 to a maximum of 0.7. Catchability coefficients (*q*) were estimated without any constraint on the maximum value. With *M* fixed at levels of 0.2 to 0.4, q was estimated to exceed 1 for most ages. The lowest value of MSE amongst these models was obtained with *M* fixed at 0.2; however, this formulation produced estimates of *q* exceeding 3 for some ages and estimated plaice abundance in 4T that

Aux premières formulations d'ADAPT (étape A indiquée plus haut), *M* était fixée à 0,2, ensuite en augmentant *M* de 0,1 jusqu'à un maximum de 0,7. Les coefficients d'efficacité (*q*) étaient estimés sans contrainte à une limite maximale. Quand *M* était fixée à 0,2 à 0,4, *q* était estimée à une valeur supérieure à 1 pour la plupart des âges. Le plus bas niveau du CMR parmi ces modèles résultait d'un modèle avec *M* fixée à 0,2, mais cette formulation a donné une valeur de *q* estimée à plus de 3 pour quelques âges et une population estimée de la plie de 4T qui était

was a fraction of the survey trawlable abundance. In general, these were the least appropriate models, with high levels of the MSE (Table 4), strong residual patterns and poor fit to the survey stock trend.

The second series (B above) of ADAPT formulations consisted of estimating a single *M* for all ages and all years. This was the approach used in the last assessment (Morin et al. 2008). As in that assessment, the model was improved by constraining *q* over ages 8 to 15 to an absolute value of 1. This model estimated *M* at 0.39, but failed to improve the MSE substantially (Table 4). As with the models based on fixed *M* (not presented here), there was a strong pattern in the residuals (Fig. 8-A). Figure 9-A shows the population trend estimated from ADAPT compared with the population expected from research vessel survey index adjusted to the beginning of year and corrected for catchability. Abundance estimated by the model exceeded that expected from the survey throughout the 1970s and 1980s.

We proceeded in the next stage of ADAPT (C above) formulations with an approach that estimates *M* in blocks of 4, 5, 6 and 7 years. We chose to fix *M* in the most recent period when landings are below 500 tonnes and fishing mortality is at its lowest. Z was estimated at 0.54 in the 2005-2009 period by the modified catch curve analysis (Fig. 6). The last assessment of 4T plaice estimated *M* over the 1993-2007 to be 0.54 (Morin et al. 2008). We felt that an appropriate level at which to set *M* in the most recent time block for current ADAPT formulations would be 0.5, allowing for the influence of some fishing mortality and estimation error.

We chose to estimate *M* in 5-year blocks beginning with 1976-1980 and ending with 2000-2005 (Table 5). For the last time period, 2006-2009, *M* was fixed at a value of 0.5 (Fig. 11-A). The decision to estimate *M* in 5-year periods was made following ADAPT

inférieure à la population chalutable du relevé. En général, ces modèles sont parmi les plus inappropriés avec des niveaux élevés du CMR (tableau 4), des fortes tendances dans les résidus et un manque d'ajustement à la tendance du stock observée par le relevé.

À la deuxième formulation (étape B ci-haut), le modèle ADAPT a *M* estimée pour l'ensemble de la période et pour tous les âges. C'est l'approche utilisée lors de la dernière évaluation (Morin et al 2008). À l'instar de la dernière évaluation, ce modèle a été amélioré en fixant *q* à une valeur de 1 entre les âges de 8 à 15 ans. *M* a été estimée à une valeur de 0,39 par ce modèle, mais sans une amélioration importante du CMR (tableau 4). Au niveau des résidus, il y a un effet très fort (figure 8-A), comme c'était le cas pour les modèles avec *M* fixée (que nous ne montrons pas ici). La figure 9-A présente les tendances dans la population estimée par ADAPT comparée à la population du relevé de recherche, ajustée au mois de janvier et corrigée pour l'efficacité de pêche. L'abondance estimée par le modèle dépasse celle du relevé au cours des années 1970 et 1980.

La prochaine étape d'ADAPT (C) consistait à une estimation de M en périodes de 4, 5, 6 et 7 ans. M a été fixée à une valeur constante durant la plus récente période lorsque les débarquements étaient à moins de 500 tonnes et que la mortalité de pêche était à son plus faible. Z était estimée à 0,54 pendant la période 2005 à 2009 (figure 6). On a estimé M lors de la dernière évaluation à 0,54 au cours de la période 1993 à 2007 (Morin et al 2008). Alors pour la formulation actuelle d'ADAPT, il semblait qu'un niveau approprié de *M* lors de la plus récente période serait une valeur de 0,5, ce qui permet un effet possible dû à la mortalité de pêche et des erreurs d'estimation.

Nous avons adopté un modèle dont *M* était estimée en périodes de cinq ans, débutant avec la période 1976 à 1980 et terminant avec 2000 à 2005 (tableau 5). À la dernière période, 2006 à 2009, *M* a été fixée à une valeur de 0,5 (figure 11-A). Nous avons

formulations with *M* estimated in periods of 4, 6 and 7 years. Formulations with *M* estimated in 4 and 5-year periods produced similar levels of MSE (0.307 and 0.314, respectively). Estimating *M* in 4-year blocks resulted in a small gain in the model error, but with an addition of two more parameters estimated by the model and with a brief two-year period (2008-2009) in which *M* was fixed at 0.5. Estimating *M* in 6 and 7-year time blocks resulted in relatively small increases in MSE (0.317 and 0.324, respectively).

choisi d'estimer *M* en périodes de cinq ans à la suite d'une série de formulations d'ADAPT où *M* était estimée en périodes de 4, 6 et 7 ans. Avec *M* estimée en périodes de quatre et cinq ans, les CMR étaient semblables (0,307 et 0,314 respectivement). L'erreur du modèle était améliorée légèrement en estimant *M* en périodes de quatre ans, mais deux paramètres de plus étaient estimés et le modèle terminait avec une courte période de deux ans (2008 et 2009) quand *M* était fixée à 0,5. Les CMR des modèles avec *M* estimée en périodes de six et sept ans étaient un peu plus élevés (0,317 et 0,324 respectivement).

Since the first two age classes of the terminal year were assigned values in the model formulations, ADAPT estimated population size in 2010 beginning at age-6 (Table 5). Table 5 shows the bootstrap results of the ADAPT formulation with *M* estimated in 5-year blocks over all ages (4 to 20+). Measures of error and bias on the population estimates at age declined as age increased with this model. Natural mortality was relatively stable in the 1970s and 1980s at around 0.3 then increased to about 0.56 in the 1990s (Table 5, Fig. 11-A). The relative error was highest on the first time period (1976-1980) at approximately 10%, then declined to 5-6% over 1991-2005 (Table 5). The residuals were improved compared to the formulation that estimates a single *M* for all ages and all years (Fig. 8-B), but continued to display considerable "blocking" by year and age.

Puisque les premiers deux âges à l'année terminale ont été désignés des valeurs lors de la formulation des modèles, ADAPT n'estime la population de 2010 qu'à partir de l'âge de six ans (tableau 5). Le tableau 5 présente les résultats par bootstrap de la formulation d'ADAPT où *M* est estimée en périodes de cinq ans pour chaque âge, de 4 à 20+. Les mesures d'erreur et de biais de la population à l'âge estimée déclinent inversement à l'âge, selon ce modèle. La mortalité naturelle était relativement stable au cours des années 1970 et 1980 à environ 0,3, mais elle a augmenté à environ 0,56 pendant les années 1990 (tableau 5, figure 11-A). L'erreur relative était élevée lors de la première période (1976 à 1980) à environ 10%, déclinant à 5-6% pendant les années 1991 à 2005 (tableau 5). Le patron résiduel s'est amélioré par rapport aux modèles qui estiment une seule valeur de *M* pour tous les âges et toutes années (figure 8-B), mais on voit encore un effet en blocs dû à l'âge et l'année.

The estimated population by ADAPT compared poorly with the plaice stock trend suggested by the survey index of population corrected for catchability (Fig. 9-B). From 1976 to 1981, ADAPT estimated annual populations that were well below the *q*-corrected survey population. The ADAPT model estimated higher population size from the mid 1980s and throughout the 1990s than the adjusted survey population (Fig. 9-B). We examined these trends further by comparing population estimates for each age

ADAPT estime une population qui ne suit pas bien les tendances du stock de la plie observées par l'indice du relevé corrigé pour l'efficacité de pêche (figure 9-B). La population estimée par ADAPT de 1976 à 1981 était bien inférieure à la population du relevé corrigée pour *q*. Le modèle ADAPT estime une population supérieure à celle du relevé corrigée à partir du milieu des années 1980 jusqu'à la fin des années 1990 (figure 9-B). Nous avons examiné cet effet par une comparaison de la population estimée,

class (shown in Fig. 10 for selected age classes). In general, we found that from ages 4 to 9, this ADAPT formulation tended to produce lower populations than the survey data over the first 10 years of data. For plaice aged 10 years and older, the model increasingly tended to overestimate abundance relative to the *q*-corrected survey population in the 1970s, with the discrepancy increasing with age (Fig. 10).

These results led us to a formulation of ADAPT that estimates *M* for ages 4-9 separately from ages 10 and over. *M* was estimated with this age separation for the first two time blocks, corresponding to 1976 to 1985, and with a single *M* over all ages, as in the previous model, for 5-year time blocks from 1986 to 2005. The final block also had a fixed *M* of 0.5. The MSE declined to its lowest level with this formulation (0.243). The population estimates for all but the four oldest age groups increased, but with lower relative errors on all age classes estimated for 2010. The model required additional parameter estimates to account for two more estimates of *M*. The relative errors on *M* estimates were highest up to 1990, particularly amongst the oldest age group (ages 10-20+). The population trend from this model closely fit the *q*-corrected survey population. This model also resulted in an improved residual pattern, compared to the two previous models. The correlation matrix of parameters for this model did not result in any highly correlated parameters that would call into question any of the estimates.

A previous internal review suggested running the previous ADAPT model with *M* estimated in all of the time periods, including 2006-2009. For this analysis, catchability (*q*) was set at 1 for the same ages (10 to 15) as were specified in the last model.

Table 6 presents the parameter estimates for this formulation. *M* in the 2006-2009 period was estimated at 0.45. At ages for which the

ventilée par âge (qu'on voit à la figure 10 pour une sélection d'âges). En général, les âges 4 à 9 ans de cette formulation d'ADAPT ont tendance à être sous-estimés par rapport à la population du relevé au cours des premiers 10 ans des données. Les plies âgées de 10 ans et plus ont tendance à être progressivement surestimées par rapport à la population du relevé corrigée pour *q* pendant les années 1970 (figure 10).

À la suite de ces résultats, nous avons formulé un modèle ADAPT avec *M* estimée pour deux groupes d'âge : 4 à 9 ans et 10 ans et plus. *M* était estimée avec cette séparation d'âges pour les premières deux périodes qui correspondent aux années 1976 à 1985. De 1986 à 2005, *M* était estimée pour tous les âges en périodes de cinq ans, comme dans le modèle précédent. La dernière période avait *M* fixée à 0,5. Le CMR a diminué à son plus bas niveau avec cette formulation (0,243). La population estimée a augmenté pour toutes les classes d'âges, sauf les quatre plus vieilles, mais les erreurs relatives ont diminué pour toutes les classes d'âges estimées pour 2010. Deux paramètres ont été ajoutés au modèle pour combler des estimations additionnelles de *M*. Les erreurs relatives associées à *M* étaient plus élevées jusqu'à 1990, surtout parmi les plies plus âgées (10 ans à 20+). La tendance dans la population de ce modèle suit étroitement la population du relevé corrigée par *q*. On voit une amélioration dans le patron résiduel avec ce modèle par rapport aux deux formulations précédentes. La matrice de corrélation des paramètres de ce modèle n'indique pas la présence de paramètres fortement corrélés de façon à remettre en question des valeurs estimées.

Lors d'une revue interne précédente, on a recommandé une nouvelle formulation d'ADAPT dans laquelle *M* serait estimée à chaque période, incluant les années 2006 à 2009. Pour cette analyse, l'efficacité de pêche (*q*) serait maintenue à 1 entre l'âge de 10 à 15 ans, comme dans le dernier modèle.

Le tableau 6 présente les paramètres estimés suite à l'analyse recommandée. De 2006 à 2009, *M* est estimée à 0,45. On note

same parameter estimates were made, there was a slight but insignificant decline in *M* and an increase in *q* compared to the previous model. The mean squared error on the revised model declined by less than 0.001 to 0.2427 (Table 6).

The population abundance and fishing mortality estimated by this ADAPT model are presented in Tables 7 and 8. The population estimated in the terminal year was slightly higher at each age compared to the previous model, but within the range of one standard error. The ADAPT models were constructed with the population size of 4 and 5-year-old plaice set at specified levels in the terminal year (2010) and estimated in all of the remaining ages. This made the age-4 estimate of plaice in 2009 unreliable, since this estimate was based on the specified level of age-5 plaice in 2010. In Tables 7 and 9, we have replaced the 2009 estimate of age-4 plaice with an average of the three preceding years. The spawning stock biomass (SSB) estimates are in Table 9. The SSB has been below 50,000 tonnes since 1997.

Fishing mortality increases with age and is rarely greater than 0.1 for plaice less than 10 years-of-age (Table 8). Even amongst the oldest age classes that have the highest levels of fishing mortality, estimates of natural mortality usually surpass fishing mortality estimates.

Stock dynamics of 4T plaice are mainly driven by natural mortality. Natural mortality trends for this ADAPT model are shown graphically in Fig. 11-B. This model accounts for the population decline of the late 1970s by assigning a relatively high level of *M* on plaice aged 4-9 years, the highest level of *M* being 0.86 in the 1976-1980 period (Table 6, Fig. 11-B). This result is consistent with the analysis of relative F which showed that the fishing mortality index failed to account for the trend in Z during the 1970s. Relative F was low in the late 1970s and early 1980s, during a period of declining stock

un léger déclin non-significatif de *M* et une augmentation de *q* par rapport à la dernière formulation d'ADAPT pour les mêmes âges. Le carré moyen des résidus a décliné de moins de 0,001 à 0,2427 avec la nouvelle formulation (tableau 6).

La population et la mortalité due à la pêche estimées par ce modèle ADAPT sont présentées aux tableaux 7 et 8. La population estimée dans la dernière année est légèrement supérieure par rapport au modèle précédent pour les mêmes âges, mais la différence entre les deux est moins d'un écart type. Les modèles ADAPT sont formulés de façon que dans l'année terminale (2010) les effectifs à chaque âge sont estimés, sauf aux âges de 4 et 5 ans dont les effectifs sont fixés préalablement. Ceci fait en sorte que l'estimation des plies de 4 ans en 2009 n'est pas fiable puisque son estimation résulte de la population de 5 ans qui était spécifiée pour 2010. Aux tableaux 7 et 8 nous avons remplacé la population estimée des plies de 4 ans en 2009 par la moyenne des valeurs estimées pendant les trois années précédentes. La biomasse du stock reproducteur (BSR, tableau 9) est inférieure à 50 000 tonnes depuis 1997.

La mortalité due à la pêche augmente avec l'âge et elle est rarement supérieure à 0,1 pour les plies âgées de moins de 10 ans (tableau 8). La mortalité naturelle dépasse la mortalité due à la pêche à chaque âge, incluant les plus vieilles classes d'âge les plus exploitées.

La mortalité naturelle est un facteur déterminant dans la dynamique du stock de 4T. Les tendances dans la mortalité naturelle sont présentées à la figure 11-B. Ce modèle explique le fort déclin de la population observé au cours de la fin des années 1970 par un niveau élevé de *M* sur les plies âgées de 4 à 9 ans durant la période 1976 à 1980 (tableau 6, figure 11-B). Ce résultat s'accorde avec l'analyse de F relative qui indique un manque de correspondance entre l'indice de mortalité due à la pêche et Z au cours des années 1970. F relative était plus faible à la fin des années 1970 et au début

abundance, relative to the late 1980s and early 1990s (Fig. 7-B). The high estimates of *M* on plaice 4 to 9 years-of-age from the mid 1970s to the mid 1980s may be in large part due to unaccounted removals, probably due to discarding. Although discarding from 1976-1985 was estimated in the range of 43-79% by number (Morin 2012), this may not fully account for all removals during this period. This model also shows *M* attaining its highest levels from 1991 to 2000 at approximately 0.6, then declining to 0.5 and 0.45 in the two most recent periods.

The residual patterns for the previous and revised ADAPT models are similar (Fig. 8-C for revised model residuals). The stock trajectories for the two models are also very similar and both show similar fits to the survey abundance corrected for catchability (Fig. 9-C for revised model).

A retrospective analysis was conducted on the revised ADAPT model by successively removing the last three years of data inputs and running ADAPT each time. The retrospective pattern obtained is at an acceptable level, although there was a discernable effect on population estimates at age when the 2009 data were removed from the analysis (Fig. 12). When two more years were removed from the analysis, population estimates were unchanged.

PROJECTION

A yield projection was made for 2010, based on the bootstrap bias-corrected population estimates for the beginning of 2010 (Fig. 13). Partial recruitment to the fishery was based on the bootstrap estimates of F averaged over the past five years and weighted by the corresponding population size. Stratified mean weights-at-age from the research survey were used to estimate the weight-at-age in January of each year. The mean weight in January 2010 was estimated as the

des années 1980 que pendant la période de la fin des années 1980 et le début des années 1990 (figure 7-B). Des prises de pêche non-rapportées, probablement des rejets, seraient à l'origine de *M* élevée chez la plie âgées de 4 à 9 ans à partir du milieu des années 1970 jusqu'au milieu des années 1980. Morin (2012) estime les rejets de plie étant entre 43 et 79% des prises en nombre pendant la pêche de 1976 à 1985, mais sans tenir compte de toutes les prises pendant cette période. Selon ce modèle, *M* atteint ses plus hauts niveaux d'environ 0,6 pendant les années 1991 à 2000, pour ensuite décliner à 0,5 et 0,45 pendant les deux périodes les plus récentes.

Les résidus du modèle révisé sont semblables à ceux du modèle précédent (la figure 8-C montre les résidus du modèle révisé). Les tendances dans l'abondance du stock sont semblables selon les deux modèles et dans chaque cas l'abondance selon le modèle s'ajuste bien à celle du relevé corrigée pour l'efficacité de pêche (figure 9-C, modèle révisé).

Nous avons effectué une analyse rétrospective du modèle ADAPT révisé en enlevant les intrants de chacune des dernières trois années et faisant fonctionner le modèle ADAPT chaque fois. Il n'y avait pas de tendance à surestimer ou de sous-estimer l'abondance du stock en ajoutant une année supplémentaire, mais la population à l'âge était influencée en ajoutant les données de 2009 (figure 12). La population estimée ne changeait pas lorsque deux années ou plus étaient enlevées.

PROJECTION

Nous avons évalué le rendement de pêche possible en 2010 en se servant de la population estimée au début de 2010 par l'auto-amorçage, corrigé pour le biais (figure 13). Le recrutement partiel à la pêche était calculé avec F dérivée de l'auto-amorçage, dont nous avons pris la moyenne sur les derniers cinq ans, pondérant par le nombre d'effectifs dans la population. Les moyennes stratifiées du poids à l'âge du relevé annuel servaient à calculer le poids à l'âge en

average of the three previous estimates for each age class. Natural mortality of 0.45 in 2006-2009 was used in calculating the abundance in January 2010. The proportion mature at age was calculated from logistic regression models applied to survey data for each year. For 2010, it was assumed to be the average over the past three years of the proportion mature at each age. The spawning stock biomass and exploitation rate were estimated for fishery yields ranging from 0 to 2,000 tonnes.

The projections indicate that the spawning stock biomass is expected to decline by 0.5% in 2010 without a fishery. With harvests at the current level of the TAC (500 tonnes), the SSB is expected to decline by approximately 1.1% in 2010

STOCK-RECRUITMENT RELATIONSHIP

In this section we present the relationship between the spawning stock biomass (SSB) and the number of recruits produced by each year's spawning stock. We calculated the SSB from the ADAPT estimates of the beginning-of-year population. We estimated the mean weight-at-age of plaice in January from the stratified mean weight at age of plaice (sexes combined) in the annual groundfish survey. The mean weight of an age class in January was the average of weights for successive age classes in successive surveys. For example, the weight of age class *a* in year *t* in January ($J_{a,t}$) was estimated as $\exp[(\ln(S_{a-1,t-1})+\ln(S_{a,t}))/2]$ where S represents the stratified mean weights of plaice in September surveys of 4T. The annual proportion of mature plaice since 1997 was obtained from logistic regressions applied to proportions of mature male and female plaice in groundfish surveys. The maturity stages for surveys before 1997 are unreliable; therefore, we applied the median values of coefficients of logistic ogives of maturity since 1997 to the period 1976-1996. The SSB was calculated by multiplying the ADAPT bias-adjusted bootstrap January population by the

janvier de chaque année. Le poids moyen de janvier 2010 a été calculé par la moyenne de trois dernières années de chaque classe d'âge. La mortalité naturelle de 0,45 de 2006 à 2009 servait à l'estimation de l'abondance en janvier 2010. Nous avons déterminé la proportion de poissons matures à l'âge à l'aide d'un modèle de régression logistique appliqué aux données du relevé annuel. La proportion de plies matures à l'âge en 2010 a été calculée par la moyenne des trois dernières années. La biomasse reproductrice et le taux de rendement ont été estimés pour une brochette de rendements de pêche allant de 0 à 2 000 tonnes.

Les projections indiquent que la biomasse reproductrice déclinerait de 0,5% en 2010 sans une pêcherie. Avec des récoltes équivalentes au niveau actuel du TAC (500 tonnes), la BSR subira un déclin d'environ 1,1% en 2010.

RELATION STOCK-RECRUE

Nous présentons dans cette section la relation entre la biomasse du stock reproducteur (BSR) et le nombre de recrus. La BSR a été calculée à partir des effectifs estimés par le modèle ADAPT pour le début de l'année. Le poids moyen à l'âge en janvier, pour les deux sexes combinés, a été estimé à partir des moyennes stratifiées du poids à l'âge calculées du relevé annuel du poisson de fond. Le poids moyen de chaque classe d'âge en janvier est estimé par la moyenne des poids pour des classes d'âges et des relevés successifs. Par exemple, le poids de la classe d'âge *a* en janvier de l'année *t* a été estimé par $\exp[\ln(S_{a-1,t-1})+\ln(S_{a,t}))/2]$ où S représente les poids moyens stratifiés de plies dans les relevés de 4T en septembre. Depuis 1997, la proportion annuelle de plies matures est calculée par des régressions logistiques, appliquées à la proportion de plies mâles et femelles dans les relevés du poisson de fond. Les données sur les stades de maturité avant 1997 étant peu fiables, nous avons appliqué les médianes des coefficients des ogives logistiques de maturité obtenues depuis 1997 à la période de1976 à 1996. La BSR a été calculée en multipliant les effectifs

estimated mean weight-at-age in January and the proportion mature-at-age in the same year.

Table 9 presents the number of recruits as 4-year-old plaice and the corresponding SSB that produced them. Fig. 14-A illustrates how recruitment has changed over time. Abundance was greatest for the 1972 year-class, declining to a low level for year classes produced in the late 1970s and early 1980s, but rallied in the late 1980s before declining again to its current low level. The highest level of observed recruitment was obtained with a SSB of 499,200 tonnes in 1976. SSB only diminished by about 60,000 tonnes the following year, yet the number of recruits at 4 years-of-age dropped to less than half the level produced by the 1976 spawners. An improvement in the number of recruits occurred with the SSB at 80,000-96,000 tonnes, corresponding to year classes of 1985-1989, but the number of recruits continued to decline after that period, regardless of the level of SSB (Fig. 14-B). Recruitment rate, the number of recruits divided by the SSB that produced them, provides an index of the survival of recruits (in this analysis, up to 4 years-of-age). The recruitment rate has cycled through two high periods (Fig. 14-C). Year classes of 1985-1989 and of 2000-2002 were all abundant relative to the SSB that produced them, possibly indicating more favourable conditions for recruiting plaice in those periods.

The most recent level of the SSB (27,829 tonnes in 2009) is also the second lowest level estimated in the 34-year time series (26,762 tonnes in 2001).

en janvier, estimés par le modèle ADAPT et corrigés pour le biais par l'auto-amorçage, et la proportion des poissons matures à l'âge dans la même année.

Le tableau 9 présente le nombre de recrus, exprimé par les plies de l'âge de 4 ans, et la BSR qui les a produits. Les changements dans le recrutement observés au cours des années sont illustrés à la figure 14-A. L'abondance a atteint un sommet pour la classe d'âge de 1972, mais a décliné à un niveau faible pour les classes d'âges produites à la fin des années 1970 et au début des années 1980. L'abondance des classes d'âges a remonté à la fin des années 1980, pour ensuite décliner au niveau bas qu'on observe actuellement. Le plus haut niveau de recrutement observé a été obtenu en 1976 avec une BSR de 499 200 tonnes. L'année suivante, la BSR a seulement diminuée de 60 000 tonnes, mais le nombre de recrus de 4 ans a chuté à plus de la moitié de recrus produits par les géniteurs en 1976. Le nombre de recrus s'est amélioré avec une BSR de 80 000 à 96 000 tonnes, dû à l'effet des classes d'âges de 1985 à 1989. Le nombre de recrus a décliné après cette période, peu importe le niveau de la BSR (figure 14-B). Le taux de recrutement, soit le nombre de recrus divisé par la BSR qui les a produits, nous donne un indice à la survie des recrus (dans notre analyse, jusqu'à l'âge de 4 ans). Le taux de recrutement a passé par deux périodes de haut et bas niveaux (figure 14-C). Les classes d'âge de 1985 à 1989 et de 2000 à 2002 étaient abondantes par rapport à la BSR qui les a produites. Ceci peut correspondre à des périodes de conditions favorables à la survie des jeunes plies canadiennes.

La plus récente SSB, soit de 27 829 tonnes en 2009, est aussi le deuxième plus bas niveau enregistré au cours de la série de 34 ans (26 762 tonnes en 2001).

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Doug Swain and Noel Cadigan for discussions and suggestions on the formulation of the population model. We also thank Gérald Chaput and Doug Swain for editorial reviews of this document.

REMERCIEMENTS

Nous sommes reconnaissant de l'aide de Doug Swain et Noel Cadigan qui par des discussions et leurs suggestions ont contribué à la formulation du modèle de population. Nous remercions aussi Gérald Chaput et Doug Swain pour la revue éditoriale de ce document.

REFERENCES

RÉFÉRENCES

Chouinard, G.A., Swain, D.P., Hammill, M.O., and Poirier, G.A. 2005. Covariation between grey seal (*Halichoerus grypus*) abundance and natural mortality of cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1991-2000.

Gavaris, S. 1988. An adaptive framework for the estimation of population size. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee Research Document 88/29. 12 p.

Hurlbut, T., and Clay, D. 1990. Protocols for research vessel cruises within the Gulf Region (demersal fish) (1970-1987). Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2082. 143 p.

Morin, R. 2012. Estimating the age composition of discards in the NAFO 4T American plaice fishery. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/081. ii + 29 p.

Morin, R., LeBlanc, S.G., Chouinard, G.A., and Swain, D. 2008. Status of NAFO Division 4T American plaice, February 2008. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/067. 63 p.

Sinclair, A.F. 1998. Estimating trends in fishing mortality at age and length directly from research survey and commercial catch data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 1248-1263.

Sinclair, A.F. 2001. Natural mortality of cod (*Gadus morhua*) in the Southern Gulf of St Lawrence. ICES J. Mar. Sci. 58: 1-10.

Table 1. Yearly landings (tonnes) of American plaice in NAFO Division 4T by major gear type. Gear codes: OTB= unspecified otter trawls, OTB1= side otter trawls, OTB2= stern otter trawls, SNU=seines, PTB=pair trawls, GNS=gillnets, LLS= longlines, LH=handlines, TAC= total allowable catch.

Tableau 1. Débarquements annuels en tonnes de la plie canadienne de la division 4T d'OPANO par principal engin de pêche. Codes d'engins : OTB=chalut à panneaux non-spécifié, OTB1=chalut à panneaux de côté, OTB2=chalut à panneaux arrière, SNU=senne, PTB=chalut bœuf, GNS=filet maillant, LLS=palangre, LH=ligne à main. TAC=total admissible des captures.

YEAR ANNÉE	OTB	OTB1	OTB2	SNU	PTB	GNS	LLS	LH	OTHER AUTRES	TOTAL	TAC
1965	7782	0	0	1854	0	388	212	0	149	10385	
1966	0	8066	581	2322	0	375	2	0	434	11780	
1967	0	7237	211	1151	0	326	117	50	259	9351	
1968	0	7900	237	911	0	298	4	36	182	9568	
1969	0	5609	425	1418	0	421	58	17	244	8192	
1970	29	5793	477	2241	0	439	79	7	136	9201	
1971	0	4996	409	2884	0	876	21	9	318	9513	
1972	14	4275	860	2576	0	286	73	11	199	8294	
1973	20	3087	471	2743	0	241	73	1	269	6905	
1974	0	3556	585	3719	0	250	6	5	364	8485	
1975	1	3207	795	3897	0	217	14	0	312	8443	
1976	41	4098	2864	3395	0	225	2	6	562	11193	
1977	35	4261	375	4013	0	242	16	17	271	9230	10000
1978	58	3651	889	3495	0	379	42	38	479	9031	10000
1979	83	3415	961	3719	0	721	9	17	1071	9996	10000
1980	1485	1809	558	3500	0	717	62	5	156	8292	10000
1981	1022	1311	290	3570	0	1084	98	2	457	7834	10000
1982	742	580	137	4124	0	805	94	5	55	6542	10000
1983	821	479	102	4095	0	494	76	10	17	6094	10000
1984	235	601	2582	3702	0	1905	386	25	163	9599	10000
1985	165	824	3027	3870	83	997	404	29	91	9490	10000
1986	74	768	2125	3289	105	657	318	44	28	7408	10000
1987	50	1075	2101	3140	123	831	664	67	13	8064	10000
1988	15	540	2002	2842	0	957	484	33	116	6989	10000
1989	14	495	1602	2489	0	501	212	386	18	5717	10000
1990	9	677	1205	2259	4	474	240	26	13	4907	10000
1991	22	146	1232	3057	94	525	102	22	22	5222	10000
1992	19	175	1405	2793	174	537	70	14	11	5198	10000
1993	0	77	149	928	63	592	28	1	15	1853	5000
1994	0	4	274	1761	90	243	13	0	35	2420	5000
1995	0	1	347	1752	123	136	2	0	33	2394	5000
1996	1	49	184	1019	99	42	1	0	11	1406	2000
1997	0	52	207	1282	124	49	2	0	1	1718	2500
1998	0	22	121	898	70	43	12	1	0	1168	1500
1999	0	0	254	1046	127	109	3	0	1	1540	2000
2000	0	0	205	1041	121	48	2	0	0	1417	2000
2001	0	0	147	869	139	32	3	0	0	1190	2000
2002	0	0	82	516	55	23	0	1	0	678	1000
2003	0	0	25	248	94	23	1	0	0	390	750
2004	0	0	52	298	11	38	1	0	0	400	750
2005	0	1	50	155	84	48	1	0	0	339	750
2006	0	0	102	233	92	35	1	0	11	474	750
2007	0	0	64	170	79	20	0	0	39	372	750
2008	1	25	17	65	0	40	0	0	23	172	500
2009	0	33	4	42	1	31	0	0	15	126	500
MEAN/MOYENNE	283	1753	684	2120	43	394	89	20	147	5533	

Table 2. Estimated number landed at age (thousands) of 4T American plaice including estimated discarded catch-at-age.

Tableau 2. Estimations du nombre débarqué à l'âge (en milliers) de la plie canadienne de 4T, incluant des prises rejetées à l'âge.

YEAR / ANNÉE	AGE / ÂGE																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20+	TOTAL
1976	0	0	48	1418	9985	19232	13687	7846	6583	5023	3096	3298	1523	813	498	534	295	249	285	463	74828
1977	0	0	21	805	5121	11416	17458	10189	5077	3206	2073	2192	763	659	225	293	177	248	81	279	60262
1978	0	0	7	435	2312	5365	10328	9658	3864	3285	2576	1403	1329	863	538	233	137	75	40	220	42660
1979	0	0	3	169	1293	3802	8043	11048	8310	4720	2687	1670	1101	1143	354	244	154	50	89	234	45111
1980	0	1	61	650	1990	4425	6890	7890	5922	3372	2334	2403	1812	1332	778	450	207	91	145	174	40866
1981	0	6	36	254	527	1326	2206	2871	2789	2236	1857	1383	948	779	1225	533	693	341	87	622	20676
1982	0	2	15	65	460	699	1539	3199	3247	3320	1950	1479	1059	810	423	403	292	245	39	192	19420
1983	0	11	12	97	430	795	915	1435	1922	2122	2057	2001	1587	829	592	601	530	316	353	355	16936
1984	0	1	28	251	638	1127	1823	1970	2386	3572	2671	2136	1166	1206	868	388	403	389	378	327	21698
1985	0	2	58	204	811	985	1323	1939	1837	2424	3217	3438	2293	1793	1106	780	531	262	269	287	23500
1986	0	3	29	243	442	1334	1582	1975	1814	1651	1844	2115	1900	1319	907	658	342	167	167	380	18840
1987	0	2	27	306	1154	2293	3553	3508	2899	2994	2452	2602	1962	1946	1042	625	500	249	290	695	29070
1988	0	1	14	134	572	1698	1617	2409	2251	1325	1295	1427	1307	1116	756	660	402	355	211	334	17868
1989	0	1	46	242	948	1686	3358	3054	3133	2222	1429	1159	910	728	519	437	313	239	104	234	20715
1990	0	7	34	373	1356	2168	2352	3529	2231	1874	1331	851	780	445	421	280	201	162	130	122	18606
1991	0	14	158	1046	3051	5156	6352	5321	6516	3903	3044	2242	1255	977	694	505	585	281	222	410	41561
1992	0	3	94	450	1604	3521	4412	4494	2884	3391	1942	1359	663	544	368	306	125	155	104	205	26555
1993	0	1	18	305	1324	2150	2625	2719	1816	1052	1149	603	292	139	80	83	46	36	28	45	14492
1994	0	0	0	29	326	1051	1208	1066	855	722	449	423	222	130	81	49	23	57	26	43	6758
1995	0	0	5	9	55	347	874	980	964	917	713	488	438	208	179	73	66	42	56	64	6479
1996	0	1	12	30	78	238	599	584	482	536	393	261	190	170	63	61	18	20	5	18	3759
1997	0	1	9	15	43	201	383	772	896	851	590	480	258	167	118	64	24	7	6	8	4893
1998	0	0	8	19	82	137	444	456	528	570	271	285	181	90	83	34	25	12	7	6	3239
1999	0	3	14	43	79	330	365	894	758	761	497	355	153	76	37	15	6	3	1	1	4391
2000	0	1	15	32	91	155	327	284	634	500	511	449	296	151	127	34	20	17	7	8	3659
2001	0	2	4	50	70	246	352	441	322	576	342	390	265	143	96	31	27	9	4	5	3376
2002	0	0	11	15	78	136	216	248	211	205	226	161	121	83	53	35	12	7	3	3	1824
2003	0	0	1	5	11	119	130	154	135	137	77	76	61	22	21	6	3	2	1	3	965
2004	0	1	0	11	28	39	123	120	153	137	106	101	112	73	48	41	13	14	8	2	1130
2005	0	0	11	13	35	76	55	134	152	112	101	104	71	46	21	35	20	7	2	3	999
2006	0	0	0	7	4	55	135	93	200	170	164	177	124	62	60	44	31	24	16	14	1380
2007	0	0	0	3	13	51	79	113	109	140	134	106	73	94	59	13	37	6	3	4	1037
2008	0	0	0	0	1	5	11	39	60	41	40	25	33	38	18	7	4	4	8	5	341
2009	0	0	0	0	6	22	41	62	76	39	27	27	22	6	8	1	2	1	0	0	341

Table 3. Mean standardized catch per tow of American plaice in 4T from research surveys.

Tableau 3. Nombre moyen par trait standardisé de la plie canadienne de 4T aux relevés de recherche.

YEAR / ANNÉE	AGE / ÂGE																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25+
1971	1.9	7.0	21.6	34.7	34.8	38.2	44.1	28.9	9.4	6.2	5.6	3.6	2.4	2.1	1.3	1.2	1.0	0.5	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	1.3	8.2	15.4	34.3	34.2	38.7	44.2	31.3	14.3	8.1	3.9	3.9	2.0	1.3	0.6	0.8	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1973	1.0	6.8	22.8	31.0	35.8	27.8	23.3	27.9	22.1	10.1	5.0	3.6	2.7	3.5	1.7	1.4	1.6	0.6	1.6	0.5	0.5	0.1	0.1	0.4	0.0
1974	0.7	14.6	50.8	105.5	89.9	73.0	48.6	40.1	47.9	27.0	12.7	4.5	3.8	4.1	3.0	1.4	0.6	0.5	0.2	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
1975	0.8	3.7	22.1	79.4	138.8	73.5	60.5	37.8	30.5	19.5	15.1	4.1	2.5	2.0	1.1	1.2	0.2	1.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1
1976	0.0	1.0	30.5	135.5	236.7	193.3	91.3	42.9	39.2	26.5	18.6	11.8	7.0	3.7	1.7	1.4	1.4	0.6	0.3	0.1	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0
1977	0.7	5.8	77.3	223.9	315.5	198.9	138.4	62.3	25.2	15.7	9.7	6.4	4.2	2.1	1.4	0.3	0.7	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
1978	0.0	0.7	8.2	78.7	106.0	116.4	117.1	72.1	25.1	17.3	9.2	5.1	5.7	2.3	1.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1979	0.1	1.6	6.8	62.1	165.5	154.1	179.4	137.4	64.1	34.0	19.0	10.2	6.5	6.0	3.4	2.4	0.5	0.7	0.4	0.4	0.1	0.1	0.0	0.5	0.0
1980	2.5	8.2	38.4	84.1	97.6	121.5	87.4	70.2	37.5	20.0	13.0	7.7	5.7	2.9	1.3	0.8	0.5	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
1981	3.7	12.9	28.7	66.7	88.1	110.1	116.5	67.8	45.3	23.8	11.5	5.3	3.1	1.9	1.4	1.1	0.4	0.2	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
1982	0.4	8.6	15.4	19.0	38.1	36.0	54.4	72.4	35.9	23.1	9.0	4.0	1.9	2.1	1.3	1.2	0.9	0.4	0.4	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1
1983	2.7	10.8	27.0	31.9	39.2	38.5	29.1	47.1	45.8	26.6	26.3	13.8	5.6	2.7	2.0	1.2	1.1	0.9	0.3	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.3	2.8	5.0	21.6	28.8	26.7	23.9	22.3	20.3	24.2	8.9	7.6	3.5	1.3	1.4	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
1985	1.7	5.8	19.7	18.3	32.7	25.0	14.7	16.7	12.6	14.0	15.0	11.3	7.0	4.7	2.7	1.3	1.1	0.7	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
1986	4.1	7.0	13.9	30.6	30.2	38.3	27.0	12.0	14.3	5.9	7.6	14.0	8.4	8.3	5.2	3.5	1.0	1.0	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0
1987	0.4	8.0	15.3	30.5	43.5	36.3	36.7	21.3	17.5	10.8	8.0	6.9	2.7	2.8	1.4	0.7	0.6	0.4	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1
1988	0.3	4.6	15.8	25.8	32.0	47.9	31.8	31.2	19.3	9.5	6.9	5.8	5.2	4.4	2.3	1.0	0.9	0.3	0.3	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
1989	0.6	4.3	12.1	27.3	38.0	28.8	31.7	20.9	13.0	9.0	4.6	4.3	3.2	2.3	1.4	0.8	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
1990	0.8	14.6	34.4	56.6	78.5	59.4	30.7	29.0	16.3	10.5	7.4	3.4	2.7	1.2	1.3	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1991	1.9	16.7	27.4	51.2	63.8	65.0	45.1	27.0	25.6	12.5	8.4	5.9	2.7	2.6	1.9	1.1	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
1992	2.2	7.1	27.6	40.6	46.2	45.1	29.8	20.9	10.4	8.4	4.6	3.2	1.9	1.1	0.7	0.6	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1993	1.4	11.0	12.8	38.7	38.5	34.9	26.6	18.8	10.8	5.0	4.8	2.4	1.5	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1994	1.3	2.5	19.3	25.8	43.1	38.3	30.5	19.1	12.1	8.1	3.7	3.5	1.3	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1995	2.7	5.6	8.5	29.2	23.3	32.4	22.8	19.8	12.5	8.6	4.8	2.9	1.6	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1996	1.7	7.3	13.5	18.4	33.8	22.9	22.4	16.9	12.5	9.6	4.5	3.5	1.6	1.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1997	2.8	6.4	16.0	19.5	11.4	25.6	11.8	14.3	8.0	6.1	3.6	2.9	1.7	0.4	0.7	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1998	4.4	6.7	16.5	22.9	22.9	12.1	18.5	12.9	11.7	9.4	4.2	3.8	1.6	0.7	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	1.1	15.3	16.1	23.1	17.0	15.3	8.5	13.6	6.7	6.9	3.1	2.0	0.8	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000	7.2	3.2	19.3	17.7	19.0	14.2	8.6	7.5	8.2	5.3	4.9	2.5	1.8	0.6	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2001	5.5	9.6	5.9	17.5	15.6	17.5	12.8	9.3	4.7	7.0	4.4	4.7	2.3	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2002	1.1	9.0	17.1	10.5	17.3	13.3	9.3	9.5	5.9	3.4	2.9	2.3	1.3	0.6	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2003																									
2004	1.2	5.4	7.7	24.8	22.7	7.3	10.5	7.0	6.7	4.4	2.6	1.6	1.2	0.9	0.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2005	1.9	3.3	10.4	18.6	29.9	22.8	10.3	10.9	5.2	5.1	2.8	2.1	1.0	0.7	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006	1.3	6.3	7.8	19.0	15.5	25.5	17.0	6.9	5.9	4.0	3.3	2.8	1.2	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2007	13.8	4.2	12.1	13.6	18.2	18.7	16.7	10.6	4.9	5.0	3.2	1.8	1.2	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2008	8.3	21.7	11.0	17.2	13.2	22.5	16.9	28.1	14.0	6.0	5.1	2.2	1.6	0.7	0.4	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2009	5.0	10.7	24.3	8.0	11.7	7.9	12.1	8.3	10.3	5.4	1.7	1.7	1.1	0.6	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Table 4. ADAPT modelling approaches, indicating the value of M estimated or fixed, the number of parameters estimated (P) and the Mean Squared Error (MSE). Approach A consists of models fixing M at values of 0.2 to 0.7; B: M estimated over all years; C: M is fixed at 0.5 from 2006-2009, estimated in 5-year periods from 1976-2005; D: M is fixed at 0.5 from 2006-2009, estimated in 5-year periods from 1976-2005 and two age groups (ages 4-9 and 10-20+) in first two periods.

Tableau 4. Modèles d' ADAPT selon l'approche où M est estimée ou fixée, avec le nombre de paramètres estimés (P) et le carré moyen des résidus (CMR). L'approche A consiste des modèles avec M fixés aux valeurs de 0,2 à 0,7; B : M est estimée pour tous les ans; C : M est fixée à 0,5 de 2006 à 2009 et estimée en périodes de 5 ans de 1976 à 2005; D : M est fixée à 0,5 de 2006 à 2009 et estimée en périodes de 5 ans de 1976 à 2005 et en deux groupes d'âges (âges 4 à 9 et 10 à 20+) pendant les deux premières périodes.

Model Modèle	P	M	MSE / CMR
A	32	0.2 - 0.7 (fixed)	0.455 – 0.711
B	25	0.39	0.458
C	30	0.29 – 0.56 (1976-2005)	0.318
D	32	0.19 – 0.84 (1976-2005)	0.243

Table 5. Parameter estimates from a population model of ADAPT following bootstraps with 1,000 iterations. M was estimated in 5-year periods (1976-2005) over all ages (4-20+) and fixed at 0.5 from 2006-2009. Population estimates (N) in thousands; catchability (q) was set to absolute for ages 8 to 15.

Tableau 5. Paramètres du modèle de population suivant la formulation ADAPT avec auto-amorçage de 1 000 répétitions. M était estimée en périodes de 5 ans (1976 à 2005) et pour tous les âges (4 à 20+), mais elle était fixée à 0,5 de 2006 à 2009. Le nombre d'effectifs (N) est en milliers; l'efficacité de pêche (q) a été fixée à l'absolu pour les âges de 8 à 15 ans.

Orthogonality offset: 0.000442
Mean square error: 0.314448

Parameter Paramètre	Age Âge	Estimate Estimé	Stand. error Erreur-type	Relat. error Erreur relat.	Bias Biais	Relat. bias Biais relati.
N[2010]	6	41773	18644	0.446	4040	0.097
	7	21154	7419	0.351	2205	0.104
	8	22331	7000	0.313	1581	0.071
	9	13309	3705	0.278	858	0.064
	10	13806	3169	0.230	631	0.046
	11	7363	1844	0.250	440	0.060
	12	2480	557	0.225	96	0.039
	13	2343	504	0.215	104	0.044
	14	1293	266	0.206	51	0.039
	15	927	191	0.206	33	0.036
	16	509	102	0.200	24	0.048
	17	278	56	0.201	9	0.033
	18	157	30	0.194	6	0.038
	19	154	28	0.181	3	0.017
	20	176	23	0.131	4	0.022
M[1976]		0.3266	0.0335	0.103	0.0029	0.009
M[1981]		0.3028	0.0246	0.081	0.0026	0.009
M[1986]		0.3154	0.0264	0.084	0.0041	0.013
M[1991]		0.5639	0.0276	0.049	0.0043	0.008
M[1996]		0.5552	0.0269	0.048	0.0015	0.003
M[2001]		0.4173	0.0244	0.059	0.0022	0.005
Q	4	0.3070	0.0345	0.113	-0.0025	-0.008
	5	0.5289	0.0615	0.116	0.0000	0.000
	6	0.7324	0.0818	0.112	0.0026	0.004
	7	0.8500	0.0915	0.108	0.0010	0.001
	16	0.8495	0.0841	0.099	0.0104	0.012
	17	0.8480	0.0843	0.099	0.0111	0.013
	18	0.8646	0.0893	0.103	0.0116	0.013
	19	0.8327	0.0854	0.103	0.0106	0.013
	20	0.8056	0.0850	0.106	0.0049	0.006

Table 6. Population model parameter estimates of ADAPT following bootstrap with 1,000 iterations, with M estimated in 5-year periods from 1976-2009 and two age groups from 1976-1985 (ages 4-9 and 10-20). Population estimates (N) in thousands; catchability (q) was set to absolute for ages 10 to 15.

Tableau 6. Paramètres du modèle de population suivant la formulation ADAPT avec auto-amorçage de 1 000 répétitions. M était estimée en périodes de 5 ans de 1976 à 2009 et groupes d'âges de 1976 à 1985 (âges 4 à 9 et 10 à 20). Le nombre d'effectifs (N) est en milliers; l'efficacité de pêche (q) a été fixée à l'absolu pour les âges de 10 à 15 ans.

Orthogonality offset: 0.00019
Mean square error: 0.242662

Parameter Paramètre	Age Âge	Estimate Estimé	Stand. error Erreur-type	Relat. error Erreur relat.	Bias Biais	Relat. bias Biais relati.
N[2010]	6	82734	30121	0.364	5426	0.066
	7	40901	12334	0.302	1844	0.045
	8	41939	11193	0.267	1491	0.036
	9	23954	5896	0.246	730	0.030
	10	23241	5367	0.231	630	0.027
	11	11057	2534	0.229	296	0.027
	12	3541	771	0.218	86	0.024
	13	3202	667	0.208	72	0.022
	14	1699	345	0.203	36	0.021
	15	1178	233	0.198	24	0.020
	16	630	125	0.198	12	0.020
	17	331	67	0.203	7	0.020
	18	179	36	0.201	3	0.020
	19	169	33	0.195	3	0.019
	20	158	26	0.165	2	0.014
M[1976]	4-9	0.859	0.059	0.069	-0.0004	0.000
M[1976]	10-20+	0.287	0.035	0.122	-0.0004	-0.001
M[1981]	4-9	0.630	0.045	0.071	-0.0002	0.000
M[1981]	10-20+	0.194	0.027	0.139	-0.0003	-0.001
M[1986]	4-20+	0.312	0.024	0.077	-0.0003	-0.001
M[1991]	4-20+	0.604	0.025	0.041	-0.0003	0.000
M[1996]	4-20+	0.587	0.024	0.041	-0.0002	0.000
M[2001]	4-20+	0.491	0.025	0.051	-0.0003	-0.001
M[2006]	4-20+	0.448	0.041	0.091	-0.0004	-0.001
q	4	0.155	0.020	0.129	0.001	0.009
	5	0.289	0.035	0.121	0.002	0.008
	6	0.447	0.051	0.114	0.003	0.007
	7	0.585	0.062	0.106	0.004	0.006
	8	0.799	0.081	0.101	0.004	0.005
	9	0.933	0.090	0.096	0.004	0.005
	16	0.878	0.080	0.091	0.004	0.004
	17	0.884	0.080	0.090	0.004	0.004
	18	0.912	0.084	0.092	0.004	0.004
	19	0.882	0.084	0.095	0.004	0.004
	20	0.850	0.080	0.094	0.004	0.004

Table 7. Beginning-of-year population size estimates (thousands; bootstrap bias corrected) estimated from population model.

Tableau 7. Effectifs de la population (milliers) en début de l'année, estimés à partir du modèle de population (méthode auto-amorçage avec correction de biais).

Year	AGE																
Année	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1976	5333746	2964139	1278223	522131	211353	94760	48832	33121	20982	8177	3732	6070	2808	1508	1389	1781	2893
1977	4233466	2296353	1268949	535861	214638	85202	36178	32561	22347	13010	4864	2119	4158	1662	884	835	2886
1978	3327704	1817460	982049	536730	217988	85090	33041	24537	22789	14974	9163	3103	1405	2886	1102	455	2498
1979	2161786	1424927	776183	416492	222780	86795	33735	22078	16279	15972	10143	6165	1878	859	2059	766	2003
1980	1800257	923323	607313	328574	172410	87927	31671	21340	14312	10820	11080	6654	4339	1204	515	1507	1807
1981	807027	766793	391787	255523	135306	68277	33615	20915	14040	8699	6580	7187	4335	2876	729	309	2218
1982	588938	435230	413391	209949	135666	70473	34531	25810	15636	10373	6344	4742	4842	3106	1755	296	1452
1983	480535	317009	233920	222025	111657	70419	35375	25573	19595	11601	7626	4516	3542	3642	2306	1230	1238
1984	471153	258061	169958	125043	118585	58811	36289	27341	19290	14397	8160	5557	3200	2386	2533	1622	1402
1985	349506	252399	137856	90274	65693	62134	29744	26765	20185	14014	10846	5655	3809	2295	1608	1743	1862
1986	327851	186823	134430	73022	47328	33736	31911	22378	19201	13568	9504	7339	3672	2442	1416	1091	2476
1987	313044	241251	137212	97857	52417	33159	23288	22082	14899	12332	8368	5872	4630	2143	1506	900	2160
1988	327888	230159	176578	99031	68988	35584	21930	14588	14161	8752	7406	4507	3436	2874	1153	896	1419
1989	738096	241070	168815	128433	71463	48688	24255	15000	9627	9200	5325	4498	2673	1967	1772	548	1241
1990	682329	542511	176404	122664	91547	49930	33122	15938	9810	6091	5987	3296	2865	1594	1180	1100	1029
1991	940480	501058	397497	127748	88113	64247	34781	22737	10577	6483	3812	4019	2064	1867	1000	729	1350
1992	744900	515377	272738	214382	65469	44479	30525	16255	10273	4192	2653	1392	1704	770	607	348	690
1993	921191	408202	281488	147010	114364	32638	22298	14285	7509	4652	1821	1064	500	714	332	222	349
1994	399399	504704	222764	152716	78662	60706	16568	11457	6997	3678	2338	897	525	214	358	156	260
1995	544127	218752	276226	121251	82771	42310	32631	8551	5950	3525	1854	1186	433	252	101	155	179
1996	320374	297932	119707	150961	65736	44596	22460	17196	4164	2903	1613	865	521	184	91	25	99
1997	308842	179060	166457	66707	83896	36298	24560	12153	9317	2135	1482	777	437	246	90	36	52
1998	295764	172526	99994	92824	36965	46273	19608	13088	6353	4849	1003	706	348	197	120	45	39
1999	281136	165139	96261	55723	51486	20293	25431	10524	7104	3336	2573	494	333	170	92	58	37
2000	221340	156881	92097	53466	30821	28063	10760	13623	5505	3701	1749	1379	249	175	90	49	52
2001	224416	123435	87439	51249	29572	16976	15179	5630	7217	2740	1846	864	676	114	83	38	45
2002	149150	137820	75751	53492	31186	17814	10170	8873	3191	4127	1477	1022	456	391	49	44	44
2003	279287	91549	84542	46382	32651	18938	10766	6080	5269	1833	2437	841	586	253	231	24	48
2004	355992	171397	56153	51768	28345	19899	11505	6494	3668	3172	1076	1476	500	355	152	140	42
2005	221888	218381	105092	34393	31639	17278	12073	6941	3897	2169	1856	603	867	275	207	82	103
2006	233903	135983	133849	64347	21027	19277	10464	7305	4171	2306	1273	1101	352	503	153	121	110
2007	146063	150016	87173	85717	41120	13395	12181	6562	4549	2531	1378	766	657	191	297	79	124
2008	182776	93637	96031	55743	54763	26211	8479	7673	4086	2825	1561	806	443	410	93	185	125
2009	187581	117071	59919	61365	35599	34936	16689	5381	4863	2586	1777	966	501	277	258	56	187
2010	203689	107062	74837	38257	39114	22651	22208	10607	3407	3075	1629	1128	609	318	175	164	154

Table 8. Beginning-of-year fishing mortality estimates (bootstrap bias corrected) from population model.

Tableau 8. Mortalité de pêche en début de l'année à partir du modèle de population (méthode auto-amorçage avec correction de biais).

Year / Année	AGE / ÂGE																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1976	0.00037	0.0047	0.022	0.039	0.056	0.107	0.123	0.112	0.195	0.237	0.283	0.097	0.242	0.251	0.226	0.200	0.200
1977	0.00027	0.0032	0.013	0.049	0.072	0.092	0.106	0.075	0.118	0.069	0.167	0.128	0.083	0.129	0.382	0.116	0.116
1978	0.00019	0.0018	0.008	0.028	0.067	0.069	0.120	0.127	0.073	0.107	0.113	0.220	0.209	0.056	0.081	0.106	0.106
1979	0.00011	0.0013	0.007	0.029	0.075	0.151	0.174	0.149	0.124	0.082	0.137	0.068	0.161	0.228	0.028	0.143	0.143
1980	0.00051	0.0031	0.011	0.031	0.070	0.104	0.129	0.133	0.212	0.211	0.147	0.143	0.126	0.218	0.224	0.117	0.117
1981	0.00040	0.0009	0.004	0.011	0.029	0.056	0.075	0.102	0.113	0.126	0.138	0.205	0.144	0.304	0.708	0.364	0.364
1982	0.00014	0.0014	0.002	0.010	0.032	0.063	0.111	0.086	0.109	0.118	0.150	0.102	0.095	0.108	0.165	0.156	0.156
1983	0.00027	0.0018	0.005	0.005	0.017	0.037	0.068	0.092	0.118	0.162	0.126	0.154	0.205	0.173	0.162	0.375	0.375
1984	0.00071	0.0033	0.009	0.020	0.022	0.056	0.114	0.113	0.129	0.093	0.176	0.187	0.142	0.204	0.183	0.294	0.294
1985	0.00078	0.0043	0.010	0.020	0.040	0.040	0.093	0.141	0.206	0.197	0.199	0.240	0.253	0.291	0.196	0.184	0.184
1986	0.00085	0.0027	0.011	0.025	0.049	0.064	0.061	0.100	0.136	0.176	0.174	0.153	0.231	0.176	0.146	0.194	0.194
1987	0.00112	0.0055	0.019	0.043	0.080	0.106	0.160	0.137	0.224	0.202	0.311	0.228	0.169	0.312	0.212	0.460	0.460
1988	0.00047	0.0029	0.011	0.019	0.041	0.076	0.072	0.108	0.124	0.189	0.191	0.215	0.250	0.176	0.435	0.316	0.316
1989	0.00038	0.0045	0.012	0.031	0.051	0.077	0.112	0.117	0.150	0.121	0.172	0.143	0.209	0.203	0.169	0.246	0.246
1990	0.00063	0.0029	0.014	0.022	0.045	0.053	0.068	0.101	0.106	0.160	0.090	0.159	0.120	0.158	0.173	0.147	0.147
1991	0.00146	0.0080	0.017	0.068	0.083	0.143	0.159	0.193	0.324	0.292	0.406	0.256	0.384	0.521	0.454	0.501	0.501
1992	0.00079	0.0041	0.017	0.027	0.095	0.089	0.158	0.171	0.191	0.232	0.312	0.422	0.268	0.240	0.404	0.487	0.487
1993	0.00044	0.0043	0.010	0.024	0.032	0.076	0.064	0.112	0.112	0.087	0.106	0.105	0.246	0.089	0.154	0.184	0.184
1994	0.00010	0.0009	0.006	0.010	0.018	0.019	0.059	0.053	0.083	0.083	0.076	0.126	0.131	0.152	0.233	0.244	0.244
1995	0.00002	0.0003	0.002	0.010	0.016	0.031	0.038	0.116	0.114	0.179	0.160	0.220	0.250	0.419	0.775	0.618	0.618
1996	0.00012	0.0003	0.003	0.005	0.012	0.014	0.032	0.030	0.086	0.090	0.148	0.099	0.167	0.134	0.335	0.279	0.279
1997	0.00006	0.0003	0.002	0.008	0.012	0.033	0.046	0.066	0.070	0.172	0.159	0.219	0.213	0.138	0.110	0.225	0.225
1998	0.00008	0.0006	0.002	0.006	0.016	0.015	0.039	0.028	0.061	0.050	0.124	0.167	0.135	0.179	0.137	0.238	0.238
1999	0.00019	0.0006	0.004	0.008	0.023	0.050	0.040	0.064	0.068	0.062	0.039	0.104	0.060	0.047	0.048	0.024	0.024
2000	0.00019	0.0007	0.002	0.008	0.012	0.030	0.063	0.050	0.113	0.111	0.120	0.128	0.197	0.163	0.275	0.213	0.213
2001	0.00027	0.0007	0.003	0.008	0.019	0.024	0.048	0.079	0.070	0.129	0.102	0.150	0.059	0.351	0.148	0.154	0.154
2002	0.00012	0.0007	0.002	0.005	0.010	0.015	0.025	0.032	0.065	0.037	0.073	0.067	0.101	0.038	0.210	0.105	0.105
2003	0.00002	0.0001	0.002	0.003	0.006	0.009	0.016	0.016	0.018	0.043	0.012	0.031	0.013	0.016	0.013	0.069	0.069
2004	0.00004	0.0002	0.001	0.003	0.005	0.010	0.015	0.020	0.035	0.045	0.090	0.041	0.107	0.048	0.126	0.073	0.073
2005	0.00007	0.0002	0.001	0.002	0.005	0.011	0.011	0.018	0.033	0.041	0.031	0.046	0.052	0.097	0.043	0.033	0.033
2006	0.00003	0.0000	0.000	0.002	0.005	0.013	0.020	0.027	0.052	0.067	0.061	0.068	0.167	0.079	0.213	0.173	0.173
2007	0.00002	0.0001	0.001	0.001	0.003	0.010	0.014	0.025	0.028	0.035	0.086	0.097	0.024	0.270	0.023	0.040	0.040
2008	0.00000	0.0000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.006	0.006	0.008	0.014	0.030	0.027	0.020	0.011	0.056	0.052	0.052
2009	0.00000	0.0001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.006	0.007	0.010	0.004	0.011	0.002	0.009	0.005	0.003	0.003

Table 9. Stock-recruitment data from ADAPT for 4T plaice showing the number of recruits at 4 years-of-age (thousands) and the spawning stock biomass (SSB) that produced them.

Tableau 9. Données sur le rapport stock-recrus à partir du modèle ADAPT pour la plie canadienne de 4T indiquant le nombre de recrus à l'âge de 4 ans (en milliers) et la biomasse du stock reproducteur (BSR) qui les a produit.

Year class Classe d'âge	SSB / BSR (tonnes)	Recruitment Recrutement
1976	499,200	1,800,257
1977	439,304	807,027
1978	334,365	588,938
1979	245,888	480,535
1980	218,840	471,153
1981	181,038	349,506
1982	163,666	327,851
1983	132,167	313,044
1984	107,485	327,888
1985	96,197	738,096
1986	81,587	682,329
1987	82,969	940,480
1988	79,833	744,900
1989	91,183	921,191
1990	114,687	399,399
1991	144,373	544,127
1992	128,020	320,374
1993	110,580	308,842
1994	95,394	295,764
1995	83,738	281,136
1996	69,820	221,340
1997	48,464	224,416
1998	49,406	149,150
1999	46,761	279,287
2000	40,853	355,992
2001	26,762	221,888
2002	27,830	233,903
2003	32,040	146,063
2004	38,701	182,776
2005	31,705	187,581
2006	36,583	
2007	42,551	
2008	31,351	
2009	27,829	

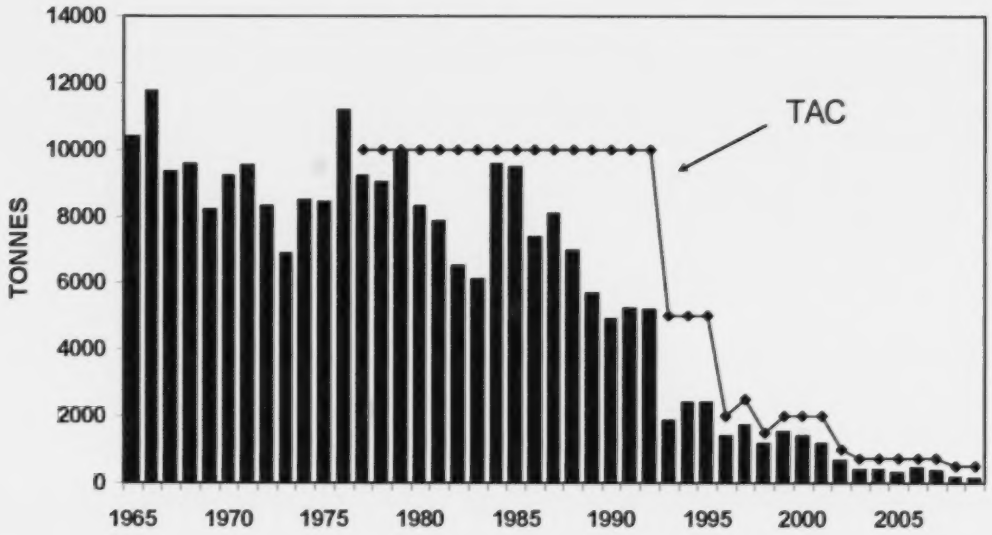

Figure 1. Annual landings of 4T American plaice and total allowable catch (TAC).

Figure 1. Débarquements annuels de la plie canadienne de 4T avec le total admissible de capture (TAC).

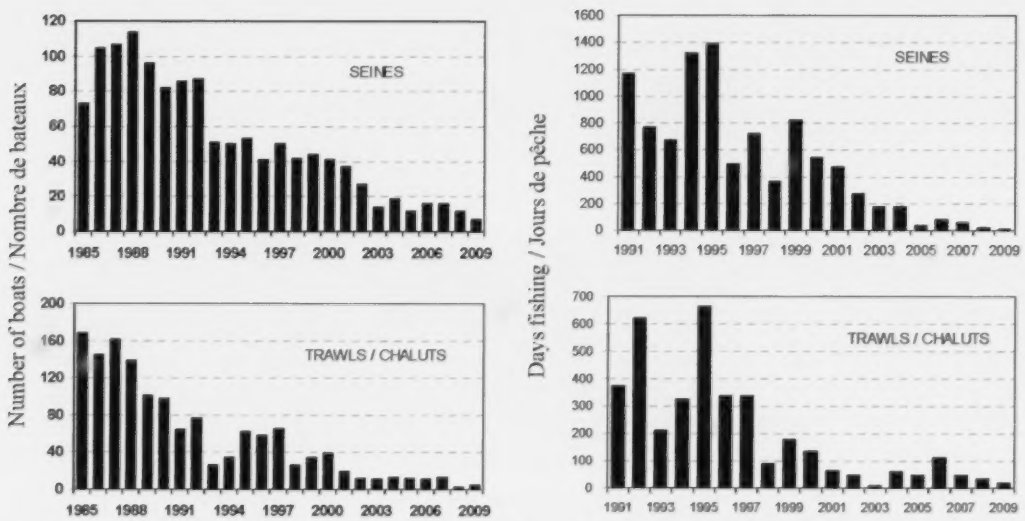
Number of boats / Nombre de bateaux
SEINES
TRAWLS / CHALUTS
1985 1988 1991 1994 1997 2000 2003 2006 2009
Days fishing / Jours de pêche
SEINES
TRAWLS / CHALUTS
1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009

Figure 2. Trends in plaice-directed fishing effort, as the number of vessels directing for plaice (graphs at left) and fishing days (right) for seiners and trawlers.

Figure 2. Effort de pêche dirigée à la plie canadienne. Les graphiques à gauche indiquent le nombre de bateaux qui se dirigent à la plie canadienne. Les graphiques à droit indiquent le nombre de jours de pêche par les senneurs et les chalutiers.

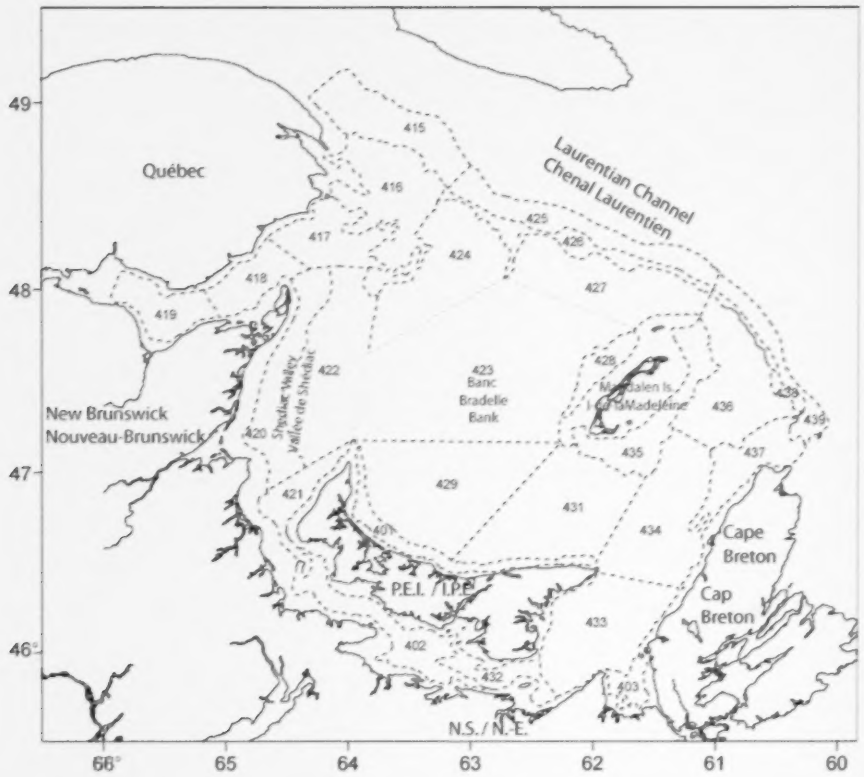

Figure 3. Stratification of the annual groundfish survey in the southern Gulf of St.Lawrence.

Figure 3. Stratification du relevé annuel du poisson de fond dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

Figure 4. Survey abundance index of plaice as the stratified mean number per tow, with horizontal line indicating mean of values obtained from 1971 to 2009.

Figure 4. Indice d'abondance de la plie canadienne selon la moyenne stratifiée par trait. Le trait horizontal indique la moyenne des valeurs estimées de 1971 à 2009.

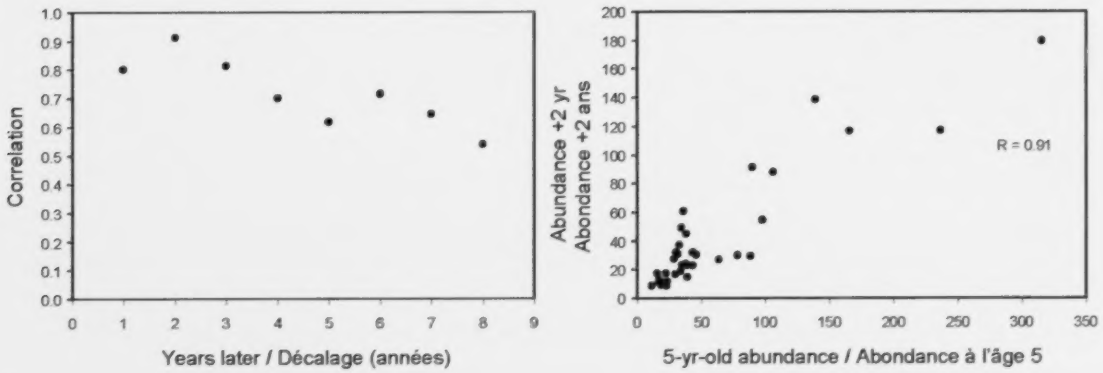

Figure 5. Correlation of plaice age-class abundance in the 4T groundfish survey. Graph at left shows the level of correlation of abundance one to eight years lags. Scatter graph at right shows abundance of the same cohort of plaice at 5 years-of-age (x-axis) and two years later at 7 years-of-age, with correlation (R).

Figure 5. Corrélation de l'abondance des classes d'âge de plies dans le relevé du poisson de fond de 4T. Le graphique à gauche montre le niveau de corrélation de l'abondance des plies de 5 ans avec un décalage d'un à huit ans. Graphique à droit montre l'abondance du même cohorte de plies à 5 ans (axe-x) et l'abondance deux ans plus tard à 7 ans (R indique la corrélation).

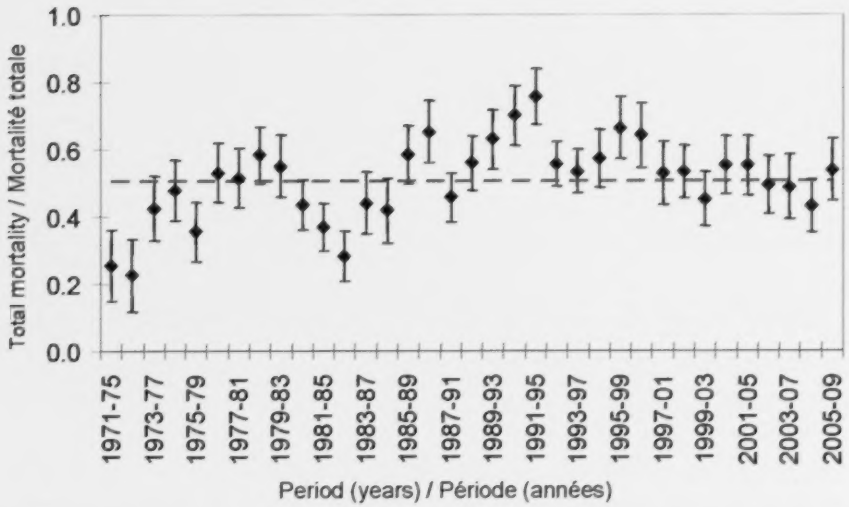

Figure 6. Total mortality of plaice between 8 and 20 years-of-age, based on multiplicative models of survey catch data in 5-year periods with 95% confidence limits. The horizontal broken line is the average of all estimates since 1971 (0.51).

Figure 6. Mortalité totale, avec limites de confiance à 95 pourcent, de la plie canadienne entre les âges de 8 et 20 ans, selon une analyse basée sur un modèle multiplicatif des prises à l'âge du relevé. Chaque estimation est faite au cours d'une période de cinq ans. Le trait horizontal indique la moyenne des valeurs estimées depuis 1971 (0,51).

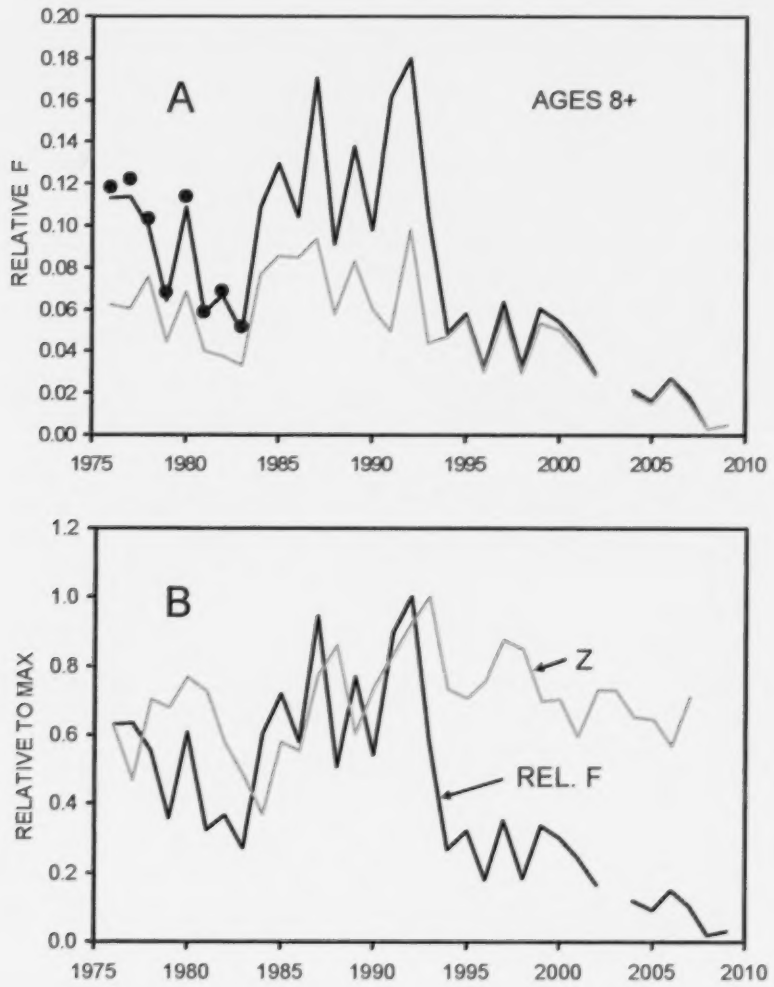

Figure 7. Relative fishing mortality (Rel. F) calculated as the ratio of commercial catch to groundfish survey catch of plaice 8-20 years of age. A: Relative F based on landed catches (red line), catches including estimates of discarded plaice (black line) and plaice catches declared as unspecified flounder (points). B: superimposed total mortality (Z, red line) and Relative F (black line), with the two data series scaled to their respective maximum value. Z, estimated in 5-year periods, is referenced to the middle year of each period.

Figure 7. Mortalité relative de pêche (Rel. F), calculée par le rapport entre la prise commerciale et la prise du relevé du poisson de fond, des plies de l'âge de 8 à 20 ans. A : F relative selon les prises débarquées (ligne rouge), prises incluant les rejets de plies estimés (ligne noire) et total des prises, incluant les prises dont l'espèce n'est pas indiquée (points). B : mortalité totale (Z, ligne rouge) et F relative (ligne noire) superposées. Les deux séries sont chacune ajustée à l'échelle de leur valeur maximale. Z, estimée en périodes de 5 ans, est indiquée par rapport à l'année centrale de chaque période.

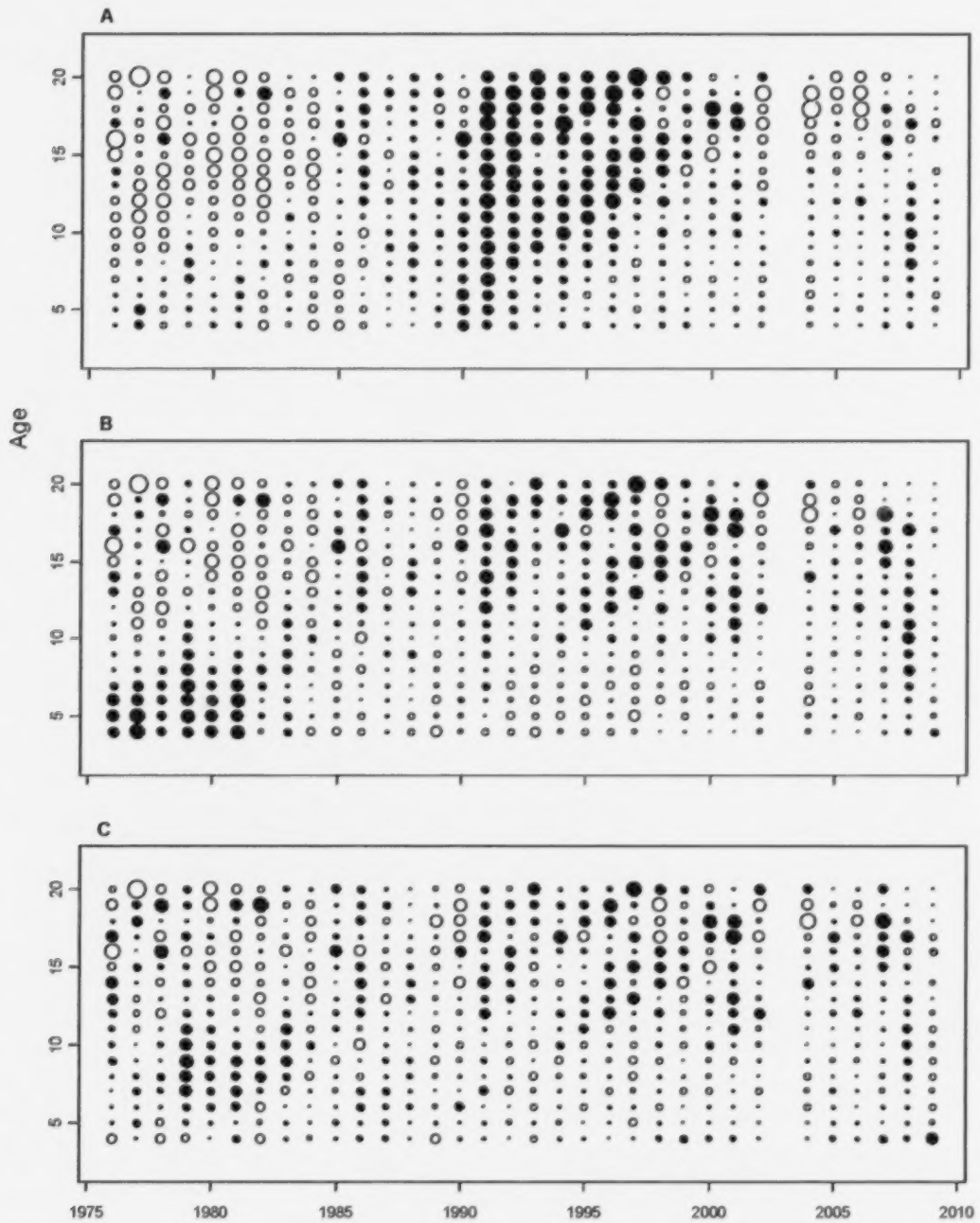

Figure 8. Residuals for three ADAPT formulations. A: M was estimated from 1976-2009; B: M estimated in 5-year from 1976-2005; C: M estimated in 5-year periods from 1976-2005 and two age groups from 1976-1985 (ages 4-9 and 10-20).

Figure 8. Résidus de trois formulations du modèle ADAPT. A : M est estimée de 1976 à 2009; B : M est estimée en périodes de 5 ans de 1976 à 2005; C : M est estimée en périodes de 5 ans de 1976 à 2005 et deux groupes d'âge de 1976 à 1985 (âges 4 à 9 et âges 10 à 20).

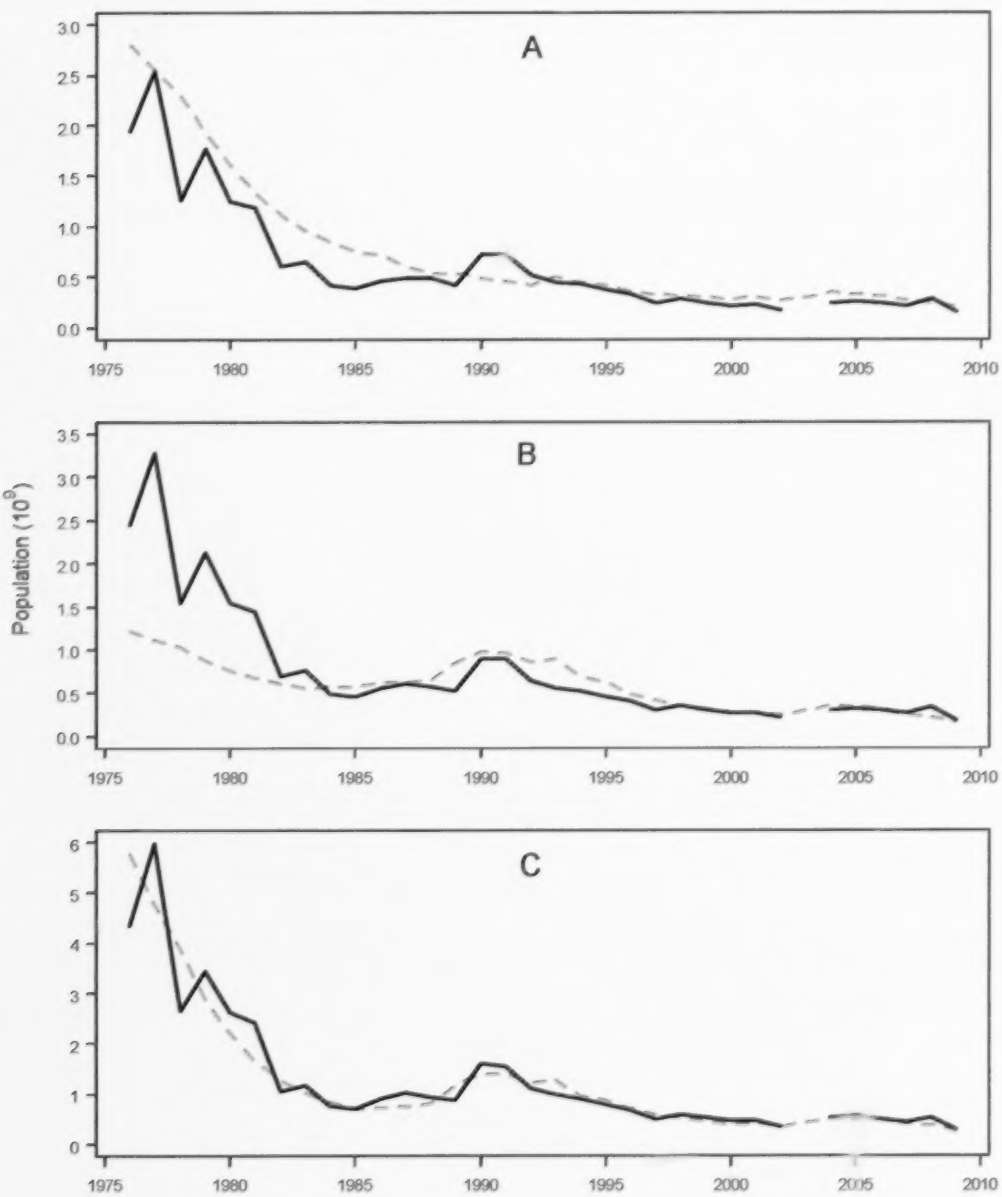

Figure 9. Comparison of population estimates of age-4-19 plaice from three ADAPT models (dashed red lines) and survey populations in January, corrected for catchability (black lines). A: M was estimated from 1976-2009, B: M estimated in 5-year periods from 1976-2005 and M fixed at 0.5 from 2006-2009; C: M estimated in 5-year periods from 1976-2005 and two age groups from 1976-1985 (ages 4-9 and 10-20).

Figure 9. Comparaison des effectifs de l'âge de 4 à 19 ans de plie canadienne estimés par trois modèles ADAPT (lignes rouges en tiret) et les effectifs du relevé, ajustés au mois de janvier et corrigés pour l'efficacité de l'engin de pêche (lignes noires). A : M est estimée de 1976 à 2009; B : M est estimée en périodes de 5 ans de 1976 à 2005 et fixée à 0,5 de 2006 à 2009; C : M est estimée en périodes de 5 ans de 1976 à 2005 et deux groupes d'âges de 1976 à 2009 (âges 4 à 9 et âges 10 à 20).

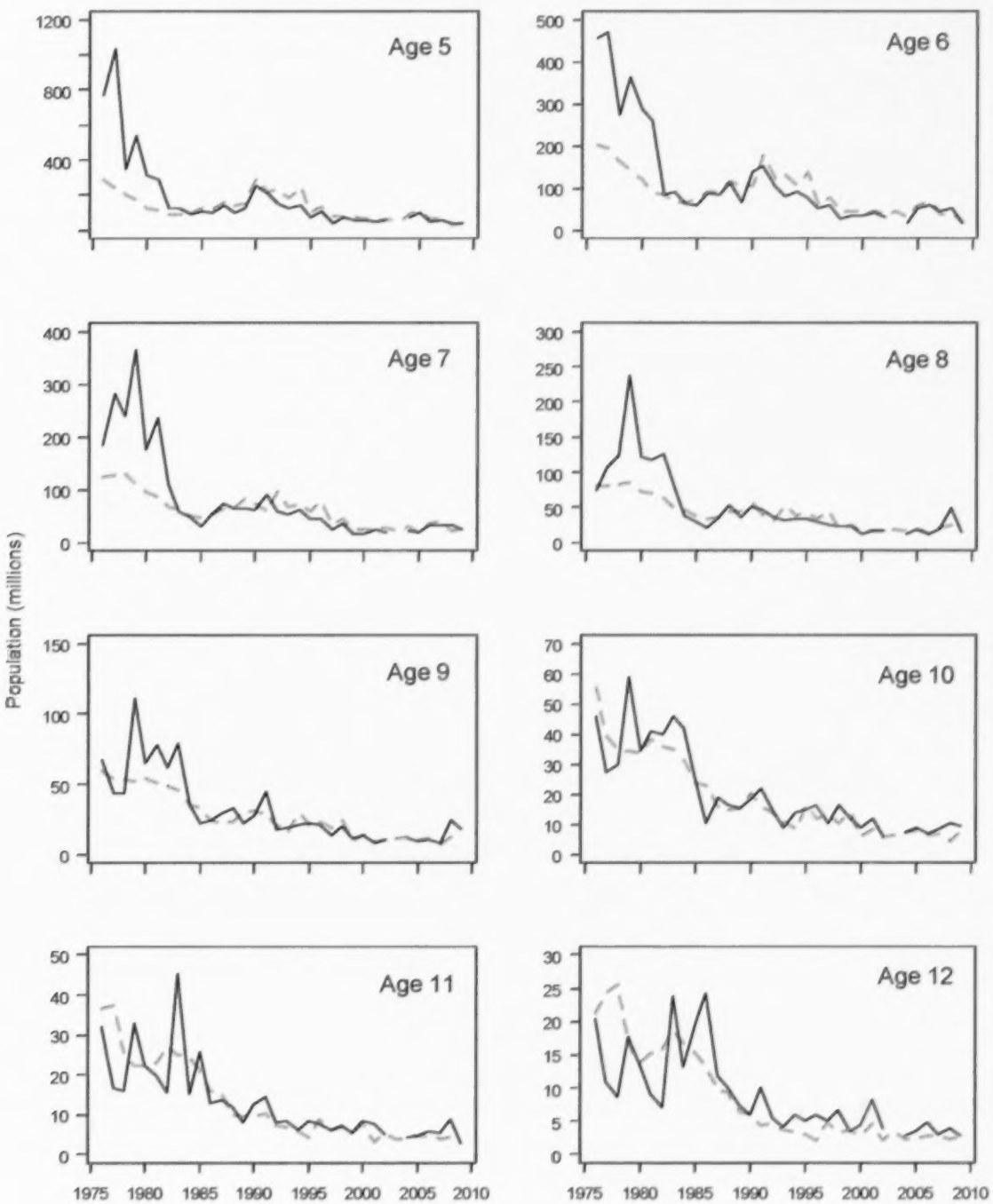

Figure 10. Comparison of ADAPT population estimates (dashed red lines) from model referred to in Figure 9-B for selected age classes and estimates obtained from survey catch-at-age, adjusted for abundance in January and catchability (solid black line).

Figure 10. Comparaison des effectifs estimés (lignes rouges en tiret) par le modèle ADAPT dont on fait référence à la figure 9-B. Une sélection de classes d'âges est présentée avec la prise à l'âge du relevé (ligne noire solide), ajustée au mois de janvier et corrigée pour l'effet de l'efficacité de l'engin d pêche.

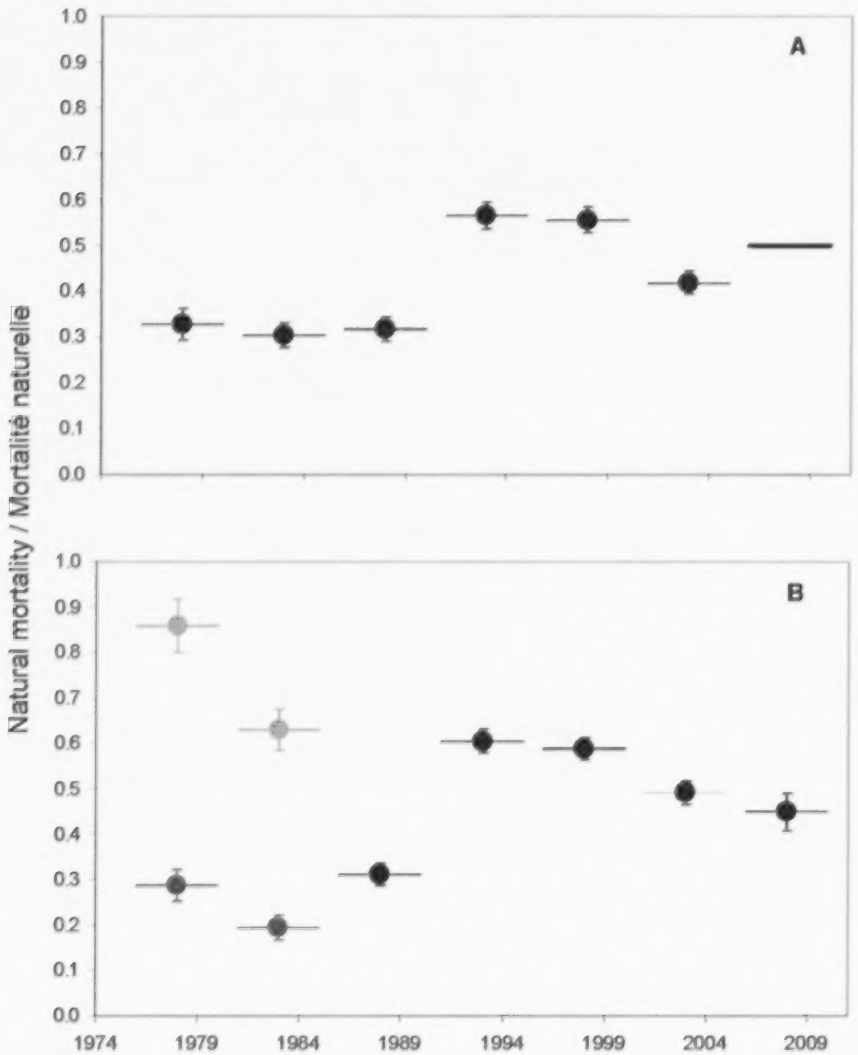

Figure 11. Natural mortality (M) estimates from two ADAPT formulations. A: M was estimated in 5-year periods from 1976-2005 and fixed at 0.5 from 2006-2009. B: M was estimated in 5-year periods from 1976-2009 and two age groups from 1976-1985 (ages 4-9 and 10-20).

Figure 11. Mortalité naturelle (M) estimée par deux formulations du modèle ADAPT. A : M est estimée en périodes de 5 ans de 1976 à 2005 et fixée à 0,5 de 2006 à 2009. B : M est estimée en périodes de 5 ans de 1976 à 2009 et deux groupes d'âges de 1976 à 1985 (âges 4 à 9 et âges 10 à 20).

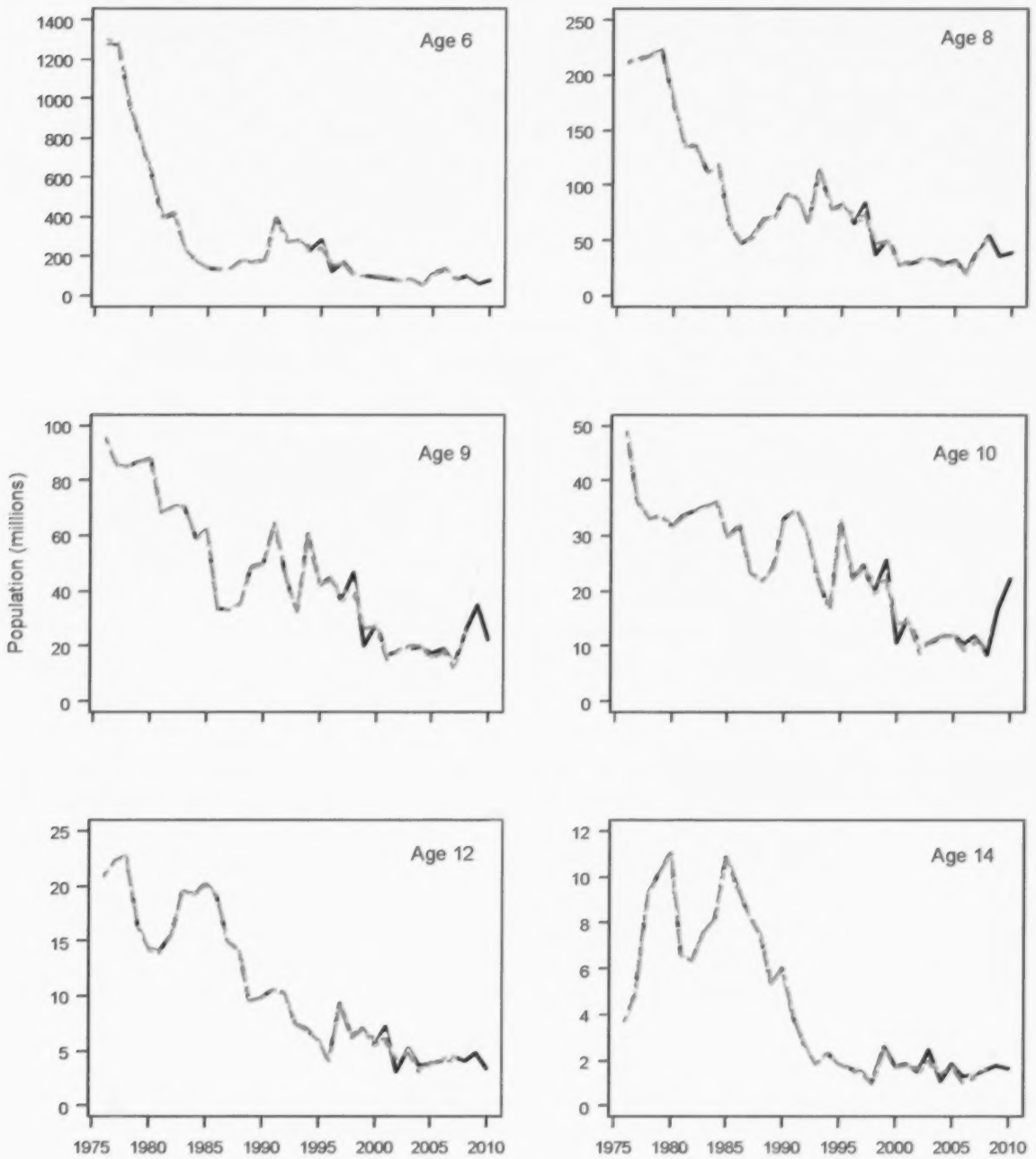

Figure 12. Retrospective analysis of population numbers from the ADAPT calibration (model C in Figure 9) showing population estimates of selected ages obtained from full model and from one to three of the last years of data removed.

Figure 12. Analyse rétrospective des effectifs de la population estimés à partir de l'étalonnage du modèle ADAPT dont on fait référence à la figure 9-C. La population estimée est présentée pour une sélection d'âges avec le modèle incluant toutes les données, ensuite avec un modèle avec la dernière année de données enlevées, jusqu'à trois années de données enlevées du modèle.

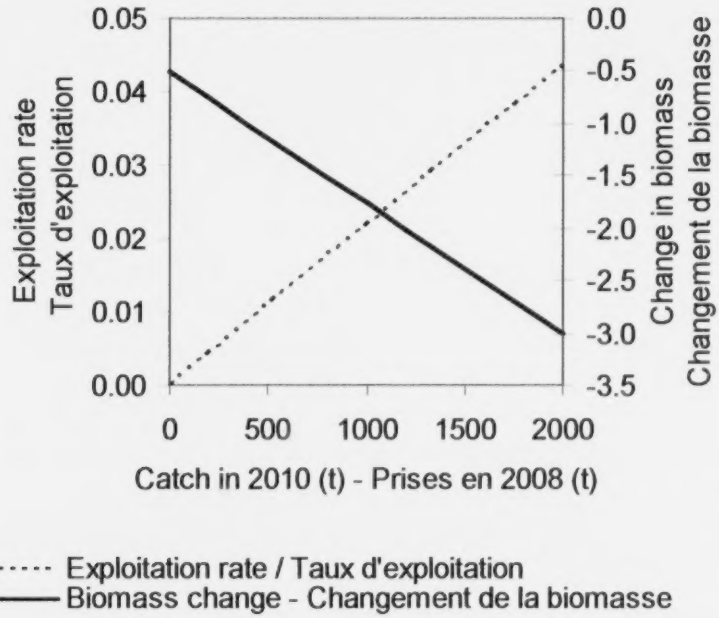

Figure 13. Projection of spawning stock size and exploitation of 4T American plaice for various levels of harvest in 2010.

Figure 13. Projection de la biomasse reproductrice et du taux d'exploitation de la plie canadienne de 4T en 2010 à différents niveaux de prises.

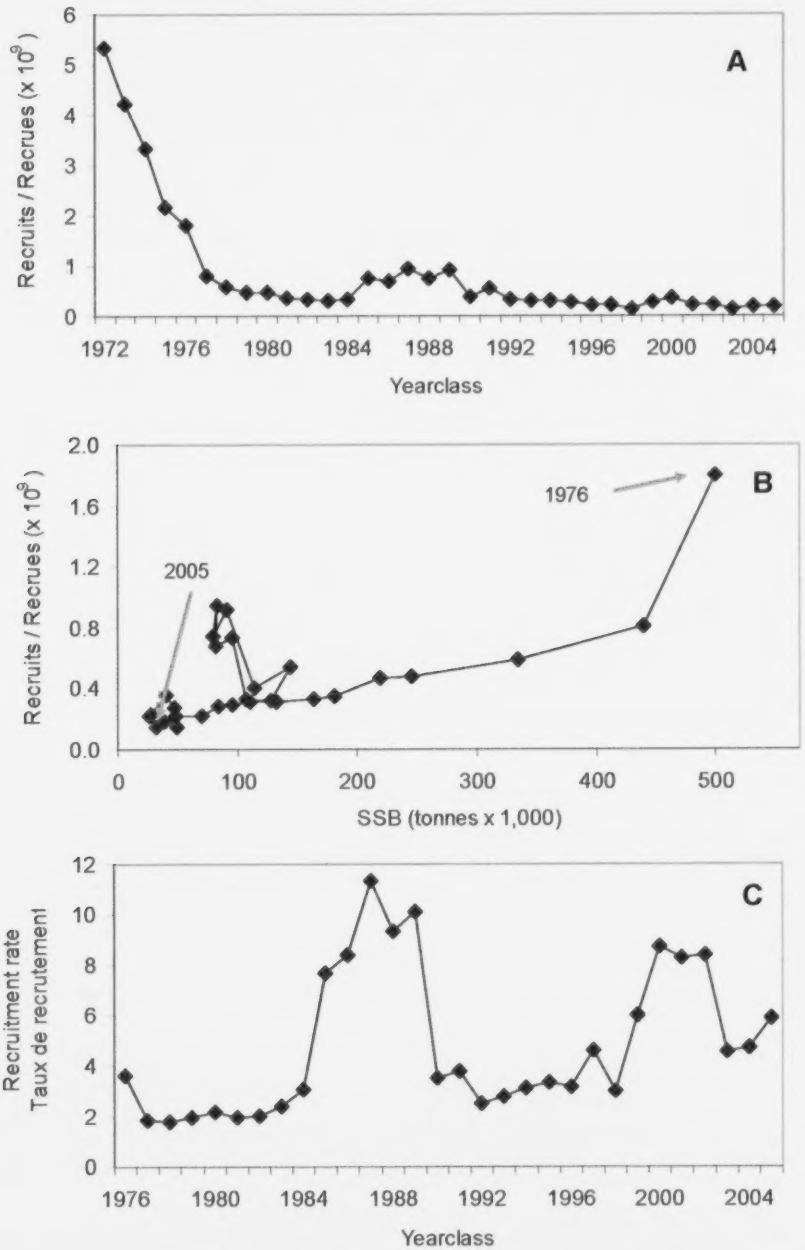

Figure 14. Various stock-recruit relationships obtained from ADAPT population estimates. A: the abundance of age-4 recruits by year class. B: the relationship between spawning stock biomass (SSB) and the number of recruits. (age-4 plaice). C: the ratio of the abundance of age-4 plaice to the SSB that produced them (recruitment rate).

Figure 14. Quelques relations stock-recrue obtenues par les estimations des effectifs selon le modèle ADAPT de population. A : l'abondance des recrues à l'âge de 4 ans par classe d'âge. B : la relation entre la biomasse du stock reproducteur (BSR) et le nombre de recrues (plies âgées de 4 ans). C : le rapport entre l'abondance des plies de 4 ans et la BSR responsable, soit le « taux de recrutement ».